



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Barbara Dević

Sintopijski sinergizam nadzemnih rakušaca (Amphipoda,  
Gammaridae) na različitim mikrostaništima izvora rijeke Krupe

Diplomski rad

Zagreb, 2014.

Ovaj rad, izrađen u Laboratoriju za Ekologiju životinja, Zoologijskog zavoda pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Sanje Gottstein, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistar ekologije i zaštite prirode.

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

**SINTOPIJSKI SINERGIZAM NADZEMNIH RAKUŠACA (AMPHIPODA,  
GAMMARIDAE) NA RAZLIČITIM MIKROSTANIŠTIMA IZVORA RIJEKE  
KRUPPE**

Barbara Dević

Rooseveltova trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

U radu je istraživana sintopijski sinergizam dviju vrsta nadzemnih rakušaca u krenalu rijeke Kruppe: *Fontogammarus dalmatinus* S. Karaman, 1931 i *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922. U razdoblju od travnja 2011. do travnja 2012. prikupljeni su mjesečni triplikativni uzorci makrozoobentosa Surberovom mrežom na različitim mikrostaništima (mahovina, valutice, šljunak) izvora rijeke Kruppe. Izmjereni su osnovni fizikalno-kemijski imbenici vode. Cilj rada bio je prikazati varijabilnost fizikalno-kemijskih parametara vode, utvrditi sastav rakušaca, odrediti gustoću populacija, udjele utvrđenih vrsta i odrediti sezonske razlike u gustoći populacija na različitim tipovima mikrostaništa. Na temelju dobivenih rezultata utvrđeno je da obje vrste koegzistiraju na sva tri tipa mikrostaništa izvora rijeke Kruppe. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u brojnosti jedinki analiziranih vrsta na sva tri mikrostaništa ( $p < 0,05$ ). Podvrsta *F. d. dalmatinus* značajno je dominantnija na izvoru rijeke Kruppe od vrste *G. balcanicus*. Obje vrste preferiraju mahovinu kao mikrostanište.

(42 stranica, 25 slika, 16 tablica, 36 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: sintopijski sinergizam, rakušci, mikrostanište, ekologija krških izvora

Voditelj: dr.sc. Sanja Gottstein, izv. prof.

Ocjenitelji: dr.sc. Sanja Gottstein, izv. prof.

dr. sc. Sandra Radić Brkanac, doc.

dr. sc. Domagoj Bakić, izv. prof.

Zamjena: dr. sc. Mladen Kerovec, red. prof.

Rad prihvaćen: 05. rujna 2014.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

### **SYNTOPIC SYNERGISM OF EPIGEAN SHRIMPS (AMPHIPODA, GAMMARIDAE) IN VARIOUS MICROHABITATS OF THE KRUPA RIVER SPRING**

Barbara Dević

Rooseveltova trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Syntopic synergism of two epigeal shrimp species has been researched in the crenal of the river Krupa: *Fontogammarus dalmatinus* S. Karaman, 1931 and *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922. Triplicative monthly samples of macrozoobenthos were collected in period between April 2011 until April 2012 with Surber net on various microhabitats (moss, mesophthal, microphthal) in the Krupa River spring. Basic physio-chemical parameters of water were measured. The goal of this thesis was to show variability of physico-chemical parameters, to determine amphipod community structure, to determine density of populations and proportions of investigated species as well as seasonal differences in population density considering different types of microhabitats. Based on results, it has been conducted that both species coexisted on all microhabitat types of the Krupa River spring area during sampling period. Significant differences in the number of individuals of analyzed species in all three microhabitats ( $p < 0.05$ ) have not been conducted. Subspecies *F. d. dalmatinus* is significantly dominant species in the crenal area of the Krupa River than *G. balcanicus*. Both species preferred moss as a microhabitat.

(42 pages, 25 figures, 16 tables, 36 references, original in: Croatian language)

Thesis deposited in the Central biological library.

Key word: syntopic synergism / shrimps / microhabitats / ecology of karstic springs

Supervisor: Dr. Sanja Gottstein, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Sanja Gottstein, Assoc. Prof.

Dr. Sandra Radi Brkanac, Assist. Prof.

Dr. Domagoj Ikić, Assoc. Prof.

Replacement: Dr. Mladen Kerovec, Full Prof.

Thesis accepted: 5<sup>th</sup> September 2014

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	1
1.1. Sintopijska mikrodistribucija rakušaca u krškim tekucicama	3
1.2. Ekološke značajke krških izvora	6
1.3. Područje istraživanja	6
1.3.1. Geografska obilježja slijeva rijeke Krpe	6
1.3.2. Klima slijeva rijeke Krpe	7
1.3.3. Reljef slijeva rijeke Krpe	8
1.3.4. Geološka obilježja slijeva rijeke Krpe	8
1.3.5. Hidrologija i hidrogeologija rijeke Krpe	9
1.3.6. Antropogeni utjecaji u slijevu rijeke Krpe	10
1.3.7. Opis istraživanih postaja u izvoru i izvorišnom području rijeke Krpe	11
<b>2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA</b>	13
<b>3. MATERIJALI I METODE</b>	14
3.1. Terenska istraživanja	14
3.1.1. Određivanje fizikalno-kemijskih parametara vode na izvoru rijeke Krpe	14
3.1.2. Uzorkovanje makroskopskih vodenih beskralješnjaka	14
3.2. Laboratorijska istraživanja	15
3.3. Primijenjeni programski paketi i aplikacije	15
<b>4. REZULTATI</b>	16
4.1. Abiotički imbenici okoliša na izvoru Krpe	16
4.1.1. Temperatura vode	166
4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika na izvoru rijeke Krpe	177
4.1.3. Zasićenje vode kisikom na izvoru rijeke Krpe	188

4.1.4. pH vrijednosti vode na izvoru rijeke Krupe.....	19
4.1.5. Elektri na provodnost na izvoru rijeke Krupe.....	20
4.1.6. Koli ina $\text{CaCO}_3$ na izvoru rijeke Krupe.....	21
4.2. Zastupljenost utvr enih vrsta rakušaca na izvoru rijeke Krupe.....	22
4.2.1. Ukupna dinamika zastupljenosti rakušaca u razli itim tipovima mikrostaništa .....	25
4.2.2. Sintopijska mikrodistribucija.....	266
4.2.3. Dinamika gusto e populacija utvr enih vrsta rakušaca na razli itim tipovima supstrata.....	30
4.2.4. Zna ajnost izbora mikrostaništa .....	333
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>344</b>
<b>6. ZAKLJU AK.....</b>	<b>387</b>
<b>7. LITERATURA.....</b>	<b>398</b>



# 1. UVOD

## 1.1. Sintopijska mikrodistribucija rakušaca u krškim tekucima

Rakušci (red Amphipoda) predstavljaju makroskopske rakove iz razreda Malacostraca (potkoljeno Crustacea, koljeno Arthropoda) i čine vrlo bitan dio faune vodenih staništa u Europi, pa tako i Hrvatske. Vrlo mali dio vrsta nastanjuje kopnene ekosustave (Väinölä i sur. 2008). Za većinu vrsta iz reda je karakteristično bilo spljošteno tijelo. Imaju složene sesilne oči, nemaju karpaks, a prijelaz između prsnog i zadnjeg dijela tijela nije jasan. Njihov usni aparat je dobro razvijen i uključuje maksile i maksilipede za hranjenje i za struganje biofilma, te maksile za trganje i žvakanje hrane. Jaja nose u ventralnom marsupiju, a juvenilne jedinke se razvijaju od 1 do preko 20 tjedana, ovisno o vrsti i temperaturi vode. Nemaju stadij ličinke. Slatkovodni rakušci pokazuju seksualni dimorfizam koji se očituje u većem tijelu mužjaka od ženki, dok je kod roda *Crangonyx* obrnuto. Tijelo odrasle jedinke slatkovodnih vrsta je obično u rasponu od 4 do 20 mm, a mnogo veći primjerci nalaze se u Bajkalskom jezeru. Njihovo ime se odnosi na dva tipa nogu koje se nalaze na obje strane tijela, a zovu se pereopodi i pleopodi. Pereopodi su grabežljive i duge noge te služe za hodaње i hranjenje te su smještene na prednjem dijelu tijela, a pleopodi su kratke noge na stražnjem dijelu tijela i one služe za plivanje. Jedinstveni su po tome što imaju tri para uropoda koji im služe za guranje u akvatičnih vrsta ili za skakanje u semiterestričnih i terestričnih vrsta. Vrlo su brojni u zajednicama dna potoka i rijeka, a njihova funkcionalna uloga u hranidbenoj strukturi vodenih staništa je usitnjavanje krupnog organskog detritusa (Glazier 2009b) te su važni u protoku energije i kruženju tvari u kopnenim vodama.

Sintopijska mikrodistribucija u krškim tekucima predstavlja koegzistenciju i suživot vrsta na određenim tipovima supstrata. Istraživanja koegzistencije rakušaca na krškim izvorima na području Dinarida nisu sustavno istraživana s obzirom na mikrostaništa. Dosadašnja istraživanja sintopijskog pojavljivanja rakušaca odnose se na područje flišnih i silikatnih izvora Slovenije, gdje je utvrđen svojevrsni sintopijski sinegizam između roda *Gammarus* i *Niphargus* (Fišer i sur. 2007). Gustoća obje vrste je varirala i prostorno i vremenski. Ove dvije vrste nastanjuju različite tipove slatkih voda; većina rakova porodice Niphargidae živi u podzemnim vodama, dok su rakovi porodice Gammaridae dominantni u površinskim vodama. Neki autori su zabilježili sintopijsku koegzistenciju različitih vrsta porodice Niphargidae (Sket, 2003) i koegzistenciju različitih vrsta roda *Gammarus*, ali malo se zna o koegzistenciji



vrsta roda *Niphargus* i *Gammarus*. Fišer i sur. (2007) su u svome radu proučavali mogućnost suživota predstavnika obaju rodova u površinskim vodama. Zaključili su da je distribucija obje vrste varirala duž istraživanog potoka tijekom godine te nije zabilježena specifična selekcija mikrostaništa. Obje vrste su preferirale organski supstrat više nego li kamenje ili pijesak. Autori su, radi značajne vremenske i prostorne varijabilnosti, zaključili da vrlo vjerojatno interspecijska kompeticija utječe na gustoću u vrsta *G. fossarum* i *N. timavi* na istraživanom području u Sloveniji. Treba napomenuti da su kanibalizam i predacija zabilježeni kod različitih predstavnika reda Amphipoda (Glazier 2009b). Osim predacije, autori iz Slovenije, predlažu još dva čimbenika koji bi mogli utjecati na prostorno i vremenski različitost distribuciju vrsta *G. fossarum* i *N. timavi* : (1) izlijevanje kod vrste *G. fossarum* može dovesti do privremenog porasta gustoće u populaciji predstavnika porodice Gammaridae, što utječe na smanjenje udjela populacije predstavnika porodice Niphargidae; (2) lokalne i vremenske prilike u okolišu mogu više pogodovati jednoj od vrsta te posljedično uzrokovati porast te vrste. Potrebno je naglasiti da vrsta *G. fossarum* može preživjeti samo u površinskim vodama, a vrsta *N. timavi* je puno tolerantnija na nepovoljne uvjete u okolišu, što joj omogućava da preživi za vrijeme sušnih razdoblja, povlači se i se za vodom koja nestaje s površine u podzemlje. Vrsta *G. fossarum* može preživjeti samo u stalnim i dobro aeriranim površinskim vodama, a za vrijeme suše ljeti može izumrijeti, ako se ne uspije naseliti u neka stabilnija vodena tijela, dok vrsta *N. timavi* ima sposobnost preživljavanja ovakvih stresnih uvjeta. Osim toga vrsta *N. timavi* može naseliti okolne sisteme flišnih pukotina, i kao što je spomenuto, puno je otpornija vrsta na hipoksiju i nedostatak hranjivih tvari za vrijeme vrlo nepovoljnih uvjeta u okolišu. Posljedično, u studiji je zaključeno da je dominacija pripadnika određene vrste faune reda Amphipoda u tako nestabilnom okolišu, nešto što se događa samo privremeno i ograničeno je s obzirom na stanište te da ovisi o sadašnjim i prijašnjim uvjetima u okolišu. Dakle, ne možemo izvesti nekakav općeniti zaključak o koegzistenciji vrsta na nekome staništu samo na temelju jednog uzorkovanja. Doktorska disertacija oduri (2009) pod naslovom "Rasprostranjenost i koegzistencija endemske vrste *Fontogammarus dalmatinus* S. Karaman (Amphipoda, Gammaridae) u slivu Zrmanje i Krke" ima za cilj odrediti točnu rasprostranjenost podvrsta *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* S. Karaman, 1931 i *Fontogammarus dalmatinus krkensis* S. Karaman, 1931, ustanoviti da li postoje razlike u longitudinalnoj rasprostranjenosti i ekološkim valencijama te odrediti mikrodistribuciju jedinki obje podvrste. U radu je utvrđeno da je na postajama gdje je zabilježena podvrsta *F. d. dalmatinus*, u slijevu rijeke Zrmanje, pojavljuje i vrsta *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 (Karaman i Pinkster 1987). Podvrsta *F. d. dalmatinus* je imala

relativno visoke udjele na izvorskim i gornjim dijelovima toka Zrmanje i njenih pritoka, uključujući i Krupu. Odmicanjem od izvora smanjuju se i relativni udjeli u gusto i potonje navedene vrste, dok je gusto a *G. balcanicus* rasla udaljavanjem od izvora. Podaci ukazuju na oitu koegzistenciju ove dvije vrste. Istraživana je i mikrodistribucija, kako je već spomenuto, s obzirom na tip staništa. Ustanovljeno je da su populacije vrste *F. dalmatinus* višestruko veće u mahovini u usporedbi s kamenim supstratom, jer mahovina osim što predstavlja zaklon od predacije i struje vode, predstavlja i izvor hrane za rakušce, jer zarobljuje estice detritusa. Kako su pripadnici vrste *F. dalmatinus* relativno maleni, moguće je da preferiraju mahovinu kao stanište, jer lako mogu ući u njene me uprostore. Šurić (2009) navodi da, osim navedenih razloga, vrsta *F. dalmatinus* preferira mahovinu, jer u njoj nalazi stanište u kojem je smanjena kompeticija i/ili predatorski utjecaj koegzistirajućih vrsta rakušaca. Jedinke vrste *G. balcanicus* koje koegzistiraju sa spomenutom vrstom *F. dalmatinus*, su veće ukupne dužine pa je moguće da odrasle jedinke te vrste ne nalaze pogodno stanište u mahovini. Žganec i Gottstein (2013) u svome radu spominju mikrodistribuciju i koegzistenciju vrsta *Echinogammarus caryi* S. Karaman, 1931 i *Gammarus fossarum* Koch, 1836 na području rijeke Gojaka Dobra. U tome radu zabilježene su veće gustoće vrste *E. caryi* u mahovini nego u kamenome supstratu iz razloga što se ova vrsta sklanja od mogućeg predatorskog utjecaja vrste *G. fossarum*. Dakle, sintopijska mikrodistribucija i sinergizam rakušaca nisu još uvijek dovoljno istraženi. Postoji još puno prostora za istraživanje na ovu temu i u ovome diplomskome radu će tako biti jedan od ciljeva biti odrediti sezonske razlike u gustoći i populaciji i udjelu vrsta na različitim tipovima mikrostaništa / supstrata te tako, nadamo se, doprinjeti boljem razumijevanju koegzistencije dviju vrsta, jer Žganec i Gottstein (2009) navode da većina rakušaca iz porodice Gammaridae nisu specijalisti za određena mikrostaništa.

## 1.2. Ekološke značajke krških izvora

Izvori su jedinstveni slatkovodni ekosustavi, jer predstavljaju prijelaznu zonu između podzemlja i površine. Izvori i s njima povezana staništa sadrže određeni broj vrsta koje su specijalizirane isključivo za njih (Danks i Williams, 1991, cit. iz Smith i sur., 2003). Oni tako i doprinose i povećanju raznolikosti vrsta na lokalnoj i regionalnoj razini, jer sadrže osim specijalista i specifične endemske i reliktno vrste (Smith i sur., 2001).

Većina izvora su zaštićeni od velikih temperaturnih oscilacija povezanih s klimatskim promjenama (Ponder, 1985; Ito, 1998, cit. iz Smith i sur., 2003). U prilog tome da izvori

pokazuju male fluktuacije u temperaturi na dnevnoj, sezonskoj ili godišnjoj skali, govori injenica da je izvorska voda uvijek nadomještena vodom iz temperaturno zašti enih podzemnih spremnika (Glazier 2009a). Temperaturne fluktuacije izvorske vode su ovisne o na inu toka i zadržavanju vode u podzemlju (Pitty, 1976, cit. iz Smith i sur., 2003).

Bitno je naglasiti da izvor (krenon ili krenal) obuhva a izvorište – eukrenal i izvorišni tok – hipokrenal (Smith i sur., 2001). Granica eukrenala i hipokrenala je odre ena temperaturnim režimom, odnosno eukrenal je podru je u kojem godišnja fluktuacija temperature ne prelazi 2 °C (Erman i Erman, 1995, cit. iz Smith i sur., 2001), odnosno to je podru je udaljeno 5 m od od mjesta izviranja vode (Fumetti i sur., 2006, cit. iz Barquín i Death, 2008). Temperaturna stabilnost je biološki zna ajna karakteristika i eukrenal može predstavljati ekološki visoko stabilan okoliš (Williams, 1991, cit. iz Smith i sur., 2003). Vrste ograni ene na eukrenal se nazivaju krenobionti, dok se krenofilima nazivaju vrste koje su jednako raspore ene po itavome krenalu, ali mogu imati ve u zastupljenost i na podru ju hipokrenala. Neke krenobiontske vrste su toliko specijalizirane za život u izvorima da se ta njihova karakteristika odražava i u njihovom znanstvenom nazivu, kao što je npr. puž roda *Fontigens*. Relativna zastupljenost krenobionata ovisi o tipu staništa, izoliranosti, održivosti i stabilnosti unutar izvora (Glazier 2009a). Krenokseni su vrste povremeno prisutne u izvorima i to su u ve ini slu ajeva nasumi no raspršene jedinke, sposobne graditi ve e populacije pod, za njih, povoljnim uvjetima (Gerecke i sur., 1998).

Izvori su dugo vremena smatrani okolišima nalik na otoke sa stabilnim zajednicama (Thienemann, 1925; Nielsen, 1950, cit. iz Gerecke i sur., 1998) no zajednice izvora se razlikuju uvelike od izvora do izvora (Erman 2002), kao što se i izvori me usobno razlikuju na mnogo na ina: po veli ini, izoliranosti, temperaturi vode, stopi protoka, kemijskim osobinama vode, tipu supstrata i ostalim ekološkim karaktristikama (Glazier 2009a). Zajednice beskralješnjaka u izvorima mogu biti sastavljene od faune podzemlja, faune potoka i faune kopna te uklju uju i krenobiontske i krenofilne vrste ovisno o bioregionalnim klimatskim i okolišnim imbenicima (Botosaneanu, 1998, cit. iz Barquín i Death, 2008).

Idealni su lokaliteti za prou avanje odnosa izme u zajednice faune i okolišnih imbenika koji utje u na distribuciju zajednica (Danks i Williams, 1991, cit. iz Smith i sur., 2003). Mnogi izvori su mali, izolirani i biološki jednostavni te samim time pojednostavljaju analize zajednica i ekosustava. Predstavljaju prirodne laboratorije, jer gotovo konstanta temperatura vode, stalan protok i kemijski imbenici vode omogu avaju da se mnogi biološki procesi prou e pod prirodno kontroliranim uvjetima koji se mogu lako ponoviti u laboratoriju (Glazier 2009a). Me utim, izvori mogu biti i nestabilni, a njihove fizikalno-kemijske zna ajke

možu pokazivati fluktuacije ovisno o samim karakteristikama svog vodonosnika (Van der Kamp 1995).

Imbenici koji značajno određuju sastav zajednica u izvorima su: protok, veličina estica supstrata, prisutnost makrofita, povijesni i geografski imbenici te značajke kemijskog sastava vode (Mori 2003; Hoffsten i Malmqvist, 2000. cit. iz Uri 2009). Struktura staništa i sastav supstrata su prema (Harper i sur. 1995, cit. iz Smith i sur., 2003) dominantni imbenici koji utječu na distribuciju svojih beskrležnjaka u mnogim rijekim sustavima. Smith (2003) predlaže da fluktuacije protoka imaju puno značajniji utjecaj na zajednicu makroskopskih beskrležnjaka i njezin sastav nego što ima struktura staništa u tekucima te samim time naglašava važnost fluktuacije protoka na oblikovanje strukture staništa.

Zastupljenost i raznolikost makroskopskih beskrležnjaka je često veća u stalnim nego povremenim izvorima. Životne zajednice stalnih izvora nisu prilagođene na isušivanje, do kojeg dolazi zbog antropogenih utjecaja (Smith i sur., 2001). Veliki izvori također pokazuju veći broj vrsta nego mali izvori. Zastupljenost makroskopskih beskrležnjaka, raznolikost i distribucija na mikrostaništima je pod utjecajem tipa supstrata i gustoće makrofita, koji predstavljaju zaklone od struje vode, predacije od strane riba te zarobljuju velike količine detritusa i samim time postaju bogati izvor hrane za makroskopske beskrležnjaci vodenih ekosustava. Zastupljenost i raznolikost drugih vrsta organizama koji obitavaju u izvorima, kao što su alge, makrofiti i kralježnjaci može biti određena dostupnošću hrane, svjetlošću, tipom supstrata, antropogenim utjecajima i/ili temperaturom vode, kemijskim imbenicima i stopom protoka (Glazier 2009a).

Krška morfologija i putevi vode unutar krških izvora, koji se mijenjaju s nadmorskom visinom, čine se da također imaju utjecaja na mikrodistribuciju makroskopskih beskrležnjaka. Međuzavisnost tipova izvora i zajednice beskrležnjaka koja dolazi u njima može biti od pomoći prilikom ocjenjivanja, monitoringa i obnove izvora (Barquín i Death 2008). Izvori i s njima usko povezana staništa predstavljaju jedinstvene lokalitete u sferi ekologije i stoga im treba posvetiti puno pažnje i maksimalno ih zaštititi od antropogenih utjecaja informiranjem javnosti o njihovoj neupitnoj važnosti ne samo za znanost, već i za cjelokupno društvo.

Istraživanja rakušaca počinju krajem 19. stoljeća (Jurinac, 1887, 1888), a u zasebnim istraživanjima tijekom 20. stoljeća zabilježene su vrste *Niphargus stygius stygius* Schiödte, 1847 (Pljaki 1965), *Niphargus orcinus* Josph, 1869 (Ruffo i sur., 1968) i *Echinogammarus thoni* Schäferna, 1922 (Pinkster i Platvoet 1986). Najveći dio istraživanja rakušaca i najveći doprinos na području istraživanja izvorskih staništa u razdoblju tridesetih do šezdesetih

godina 20. stoljeća a može se zahvaliti Stanku Karamanu, čiji rad je kasnije nastavio njegov sin Gordan Karaman. Stanko Karaman opisuje nove vrste i podvrste na izvorima cijele Hrvatske: od Istre do Dubrovnika, uključujući i Hrvatsko Primorje i otoke te Dalmaciju sa zaležem. Godine 1931. opisuje nove vrste *Echinogammarus cari* S. Karaman, 1931 i *E. acarinatus* S. Karaman, 1931 na području tadašnje Jugoslavije. Te iste godine opisuje i dvije podvrste nadzemnih rakušaca s opisom novog roda: podvrstu *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* S. Karaman, 1931 (na području izvora rijeke Zrmanje) i podvrstu *Fontogammarus dalmatinus krkensis* S. Karaman, 1931 (na području rijeke Krke).

Kao što je spomenuto rad Stanka Karamana, nastavlja njegov sin Gordan koji je u slijevu rijeku Zrmanje i Krke obrađivao rakove roda *Fontogammarus* u sklopu revizije podvrsta i nadopune opisa (G. Karaman 1965; URL 1). Početkom 21. stoljeća sustavnijim istraživanjima rakušaca u Hrvatskoj bavi se Sanja Gottstein s Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu koja objavljuje niz radova o ekologiji, endemizmu i rasprostranjenosti rakušaca, ali i o utjecaju promjena u okolišu izazvanih stovjekovim djelovanjem na njihovu rasprostranjenost. Jedno od sustavnijih istraživanja krškog područja opisano je u radu "Viši rakovi slatkih i slatkih voda porječja rijeke Krke" (Gottstein i sur., 2007). Uz profesoricu Gottstein, istraživanjima rakušaca u lijepoj našoj bavi se još i Krešimir Žganec (Žganec i sur., 2013) te Petra Čurić (2009), koja u svome radu već spomenutome radu, istražuje točno rasprostranjenost i ekologiju vrste *Fontogammarus dalmatinus* na području rijeke Krke i Zrmanje.

### **1.3. Područje istraživanja**

#### **1.3.1. Geografska obilježja slijeva rijeke Krke**

Rijeka Krupa (Slika 1) spada u nizinske tektoničke kratkih tokova (7 km) s padom većim od 5 %. Nalazi se na području Sjeverne Dalmacije (Mihaljević i sur., 2011). Krupa je pritoka rijeke Zrmanje te izvire pod južnim obroncima Velebita, nedaleko od naselja Mandić i iz tipičnog krškog vrela. Kratki tok rijeke Krke usjeknuta je u vapnenačke stijene i na svome kratkome toku izgradila je 19 slapova. Rijeka Krupa ima i pritoku Krnjezu koja izvire iz velike špilje u podnožju Velebita i nakon svog kratkog toka ulijeva se u Krpu. Nizvodno od utoka Krnjeze, stiješnjeni kanjon Krke se otvara i stvara sedrenu barijeru imena Deveterac, koji je ime dobio po 9 sedrenih kaskada. Kaskade završavaju slapom visine 13 m. Na kraju svoga toka, rijeka Krupa se ulijeva u rijeku Zrmanju (URL 3).



Slika 1. Izvorišni tok rijeke Krupe (foto. A. Previši ).

### 1.3.2. Klima slijeva rijeke Krupe

Rijeka Krupa pripada slijevu rijeke Zrmanje, koji se proteže krškim područjem Dinarida, kako je spomenuto u prethodnome poglavlju pa ima također kontinentalnu klimu pod utjecajem Jadranskog mora. Zime su hladne s temperaturama ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , koje idu i do ispod  $-10^{\circ}\text{C}$ . Ljeta su jako vruća, a temperatura zraka se tada penje do  $35^{\circ}\text{C}$ . Prosječna godišnja temperatura područja varira od  $9\text{--}14^{\circ}\text{C}$ , dok je srednja godišnja količina padalina varirala od 1100 do 2100 mm, s prosjekom od oko 1600 mm. Godišnji maksimum protoka rijeka Zrmanja ima tijekom perioda otapanja snijega i kišne sezone, dakle od ožujka do svibnja i od listopada do prosinca (Bonacci 1999). Svi mjeseci su vlažni. Nema sušnog razdoblja. Ljeta su izrazito vruća sa srednjom temperaturom najtoplijeg mjeseca višom ili jednakom  $22^{\circ}\text{C}$  (Šegota i Filipić, cit. iz Uri 2009).

### **1.3.3. Reljef slijeva rijeke Krpe**

Slijev rijeke Krpe nalazi se na području Sjeverne Dalmacije, odnosno na području krša, kao jedinstvenog reljefnog fenomena u svijetu, a prekriva veliki dio teritorija Hrvatske. Prema različitim autorima taj teritorij čini od 40 do 56 % ukupne površine Hrvatske (URL2; Gottstein i sur. 2002). U Europi najpoznatija krška područja su Dinaridi, Helenidi, Apenini, Pireneji, Alpe, Krim, Kavkaz i Karpat-Balkanidi. Krš je skup prirodnih pojava (morfoloških, strukturnih, petrografskih i hidrogeoloških) koje se javljaju kao posljedica djelovanja vode na tektonski izmijenjene karbonatne stijene. Tri su preduvjeta za nastanak krša: voda obogaćena ugljikovim dioksidom, postojanje tektonskih elemenata i stijene podložne djelovanju vode (vapnenac, dolomit i stijene koje sadrže gips i sol). Osnovne karakteristike krša su: izražena podzemna komponenta tečenja vode, razgranata mreža pukotina i kanala, vodopropusnost, nedostatak vode na površini u sušnome razdoblju te velika površinska stijena (URL 4). Bonacci (1999) smatra da je jedna od karakterističnih osobina otvorenih krških tokova da ili potpuno poniru u podzemlje ili imaju djelomične gubitke vode duž svog toka. Ti gubici mogu biti važni u određenim dijelovima rijeke dok u drugim slučajevima takvi gubici su maleni i teško ih je do gotovo nemoguće opaziti bez posebnih uzastopnih mjerenja protoka. Gubici vode ovise o hidrogeološkim i hidrološkim uvjetima i posebice o razini podzemne vode koja pokazuje brze prostorno-vremenske fluktuacije. Razina vode pomiče se ovisno o stanju podzemnog vodonosnika, pa kada je sušno ljeti, Krpa izvire niže nego u većini voda. Protok rijeke Krpe iznosi 3 m/s i strmijeg je pada od rijeke Zrmanje te se može razlikovati izvorišni i riječni dio toka (Matonić i Pavletić, 1964).

### **1.3.4. Geološka obilježja slijeva rijeke Krpe**

Slijev rijeke Zrmanje nalazi se na donjim Trijaskim dolomitima i vapnencima, karbonatima iz doba Krede, dolomitnim brečima i aluvijalnim naslagama iz Kvartara (Fritz, 1972., cit. iz Bonacci 1999). Na toj geološkoj podlozi nalazi se i rijeka Krpa. U sklopu rijeke Krpe nalazi se i sedrena barijera koja se naziva Deveterac. Dobila je ime po devet sedrenih kaskada koje završavaju slapom, nakon kojeg slijedi Panin buk te se otvara u kanjon. Nakon njega slijede još tri slapa; Babin slap i Dragi evi a buk. Ispod Dragi evi buka pojavljuju se sedreni pragovi i dva manja slapa te se u konačnici Krpa ulijeva u Zrmanju (URL 3). Spomenuto je kako je tok rijeke Krpe relativno brz (iznosi približno 3 m/s) i strmijeg pada u usporedbi sa

Zrmanjom, a uz to voda ima vrlo visoki alkalinitet sa zamjetnim količinama otopljenog kisika te temperaturom vode koja je blizu granice taloženja, što pogoduje rastu sedre. Rast sedre je spor u Krupi, zbog relativno niskih temperatura (Čurić, 2009).

### **1.3.5. Hidrologija i hidrogeologija rijeke Krupa**

Rijeka Krupa je, kako je ranije spomenuto, krška rijeka. Pripada slijevu rijeke Zrmanje. Karakteristika vode u kršu je nepravilnost i nestalnost toka, a punjenje tokova podzemnom vodom događa se kroz ili duž određene odjeljke. Punjenja iz podzemnih vodonosnika mogu često dolaziti iz udaljenih krških područja izvan samog topografskog područja određenog slijeva (Bonacci 1999). O hidrologiji i hidrogeologiji rijeke Krupa nema puno radova, ali budući da ona pripada slijevnom području rijeke Zrmanje, bit će rečeno nešto o hidrologiji i hidrogeologiji te rijeke cijem području pripada Krupa. Važno je napomenuti da je određivanje tih granica slijeva i pripadajućih izvorišnih područja u kršu veliki problem zbog izuzetno kompleksnih i često nepredvidljivih interakcija između podzemne i površinske vode koje mogu doticati iz različitih regija u kršu. Mjerenja piezometrom su isto dosta nepouzdana pri tome određivanju istjecanja krškog vodonosnika u dubokom i dobro razvijenom dinarskome kršu. Dužina same rijeke Zrmanje od izvora do ušća u Jadransko more iznosi 69 km, a tokom najsušnijih razdoblja osuši se i do 18 km. U području rijeke Zrmanje, nalaze se 4 krška polja prekrivena plodnim i nepropusnim tlom. Uglavnom se radi o terra rosi (Bonacci 1999). Bonacci (1999) navodi da je hidrološki režim otvorenih tokova u kršu ovisan o interakciji između podzemne i površinske vode. Posljedica karstifikacije je vrlo kompleksna i prostorno-vremenski varijabilna hidrološko-hidrogeološka situacija u slijevu rijeke Zrmanje. Stoga, donijeti zaključci u vidu sezonskih i mjesečnih fluktuacija krškog područja je vrlo teško. Slijevna područja, u dobro razvijenim krškim regijama (kao što je slijev rijeke Zrmanje), nisu konstantna u vremenu. Za analizu cirkulacije vode u kršu, potreban je inter- i multidisciplinarni pristup koji bi trebao uključivati nekoliko metoda i tehnika.

Dakle, samu hidrološku i hidrogeološku sliku rijeke Krupa je isto teško odrediti i ne postoje značajni podaci o toj temi. Karakteristika je mediteranskih rijeka da imaju nepravilan tok i izražene hidrološke fluktuacije (Arab i sur., cit. iz Argyroudi i sur., 2008).



### 1.3.6. Antropogeni utjecaji u slijevu rijeke Krupe

Antropogeni utjecaji su sve izraženiji u današnjem svijetu, a dakako da su bili prisutni i kroz itavu povijest te su ve inom bili nepovoljni te vrlo opasni za biljni i životinjski svijet raznih ekosustava. Pogotovo su osjetljive slatke vode (izvori, potoci, rijeke, bare, jezera, mo vare i dr. manja slatkovodna staništa) i zajednice organizama koje žive u njima. U prilog tome koliko su osjetljive govori i injenica da: fluktuacije protoka vode u potocima i izvorima mogu dovesti i do zna ajnih promjena u strukturi i gusto i vodenih zajednica kroz vrijeme. Potreba za prepoznavanjem ranjivosti ovih sustava od strane raznih one iš iva a i zaga iva a raste, kako bi se mogle razviti odgovaraju e prakse i politika održivog upravljanja tih vremenski i prostorno variraju ih fenomena (Smith i sur. 2003).

Podru je izvora Krupe je jedinstveni prirodni sustav, stoga bilo kakav antropogeni utjecaj može dovesti do velikih promjena u sastavu jedinstvenih zajednica voda dinarskog krša. Uz to, poznato je da slatka voda ini otprilike samo 0.8% Zemljine površine i ini samo 0.01% vode u svijetu. No ipak, ta sitna koli ina vode podupire gotovo 6% svih živu ih vrsta (Dudgeon i sur. 2006). Stoga je važnost slatke vode, u koje spadaju i izvori, neupitna i neprocjenjiva. Dudgeon i sur. (2006) bilježe da ekosustavi slatkih voda prolaze kroz puno ve i pad bioraznolikosti nego kopneni ekosustavi. Velika opasnost za ekosustave slatkih voda su: prekomjerno iskorištavanje, direktan izlov odre enih vrsta, reguliranje tokova, destrukcija i degradacija staništa te invazija od strane egzotih vrsta. Oko 10 000 vrsta beskralješnjaka slatkovodnih sustava smatra se ugroženima ili gotovo izumrlima, u itavome svijetu. Izvorišni dio toka je još u davnoj prošlosti iskorišten od strane lokalnog stanovništva. Rijeka je skretana na rampe slagane od kamena kako bi se stvorila visinska razlika potrebna za pokretanje mlinica i navodnjavanje zemlje. Najpoznatiji mlin je tzv. Urošev mlin iz 1913. godine, a osim njega na rijeci Krupi je još izgra en i Kudin most, nastao krajem 19. stolje a preko sedrene barijere zvane Deveterac (URL 3). Me utim u novije doba na uzvodnom toku rijeke Zrmanje i rijeke Krupe, izgradnjom crpnih postaja, tla nog cjevovoda i paralelnog gravitacijskog vodoprovodnika od lokacije vodospreme "Milanci" i ure aja za kondicioniranje vode (Škunca, 2006), došlo je do zna ajnog antropogenog utjecaja na hidrološke prilike ovih dviju teku ica. Prema dosadašnjim pokazateljima tvornica vode u izvorišnom podru ju Krupe uvjetuje / prijeti uništavanjem i degradiranjem staništa te one iš enjem vodotoka. Osim toga na Krupi je u planu izgradnja malih HE do 5 MW instalirane snage (Škunca, 2006).

### 1.3.7. Opis istraživanih postaja u izvoru i izvorišnom području rijeke Krupa

Istraživanje je provedeno u samom izvoru i izvorišnom toku rijeke Krupa (Slika 3 i 4) na različitim tipovima supstrata / mikrostaništa: mahovina ili fital (S1), valuticama ili mezolitalu (S2; 6-20 cm) i šljunku ili mikrolitalu (S3; 2-6 cm) (Slike 5-7).



Slika 3. Položaj istraživanog lokaliteta na karti Hrvatske i u slijevu rijeke Zrmanje.



Slika 4. Izvor rijeke Krupa (lijevo) i pogled od izvora nizvodno (desno).



Slika 5. Izvorišni tok rijeke Krupe sa supstratom obraslim mahovinom u lipnju 2014. (foto. S. Gottstein).



Slika 6. Izvorišni tok rijeke Krupe s valuticama u supstratu u lipnju 2014. (foto. S. Gottstein).





Slika 7. Izvorišni tok rijeke Krupe s dijelom supstrata prekrivenim šljunkom u lipnju 2014.  
(foto. S. Gottstein).

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Na temelju dobivenih rezultata, obrađeni u programskim paketima (Microsoft Excel 2010, Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa, OK) analizirani su suživot dviju vrsta na izvoru Krupe s obzirom na različite tipove mikrostaništa / supstrata. Ciljevi rada dobiveni istraživanjem sastava zajednice nadzemnih rakušaca na izvoru Krupe su sljedeći:

- Prikazati varijabilnost fizikalno-kemijskih parametara vode.
- Utvrditi sastav vrsta rakušaca.
- Odrediti gustoću populacija i udjele utvrđenih vrsta na analiziranim mikrostaništima / supstratima.
- Odrediti sezonske razlike u gustoći populacija i udjelu vrsta na različitim tipovima mikrostaništa / supstrata.

### **3. MATERIJALI I METODE**

#### **3.1. Terenska istraživanja**

Terenska istraživanja izvora Krupe provedena su tijekom travnja, svibnja, srpnja, kolovoza, listopada i prosinca 2011. god. te tijekom siječnja, ožujka i travnja 2012. god.

Prikupljeni su mjesečni tripplikativni uzorci makrozoobentosa Surberovom mrežom na različitim mikrostaništima (mahovina, valutice, šljunak) na izvoru rijeke Krupe. Izmjereni su osnovni fizikalno-kemijski parametari vode: temperatura, pH, električna provodnost, količina otopljenog kisika i zasićenje vode kisikom te količina  $\text{CaCO}_3$ .

##### **3.1.1. Određivanje fizikalno-kemijskih parametara vode na izvoru rijeke Krupe**

Tijekom uzorkovanja makroskopskih vodenih beskrležnjaka na izvoru su mjereni i osnovni fizikalno-kemijski parametri vode pomoću WTW sonde. Sondom WTW Oxi 330 mjerena je temperatura vode ( $^{\circ}\text{C}$ ), količina otopljenog kisika u vodi ( $\text{mgL}^{-1}$ ) i zasićenje vode kisikom (%). Sondom WTW pH 340i mjerena je pH vode, a sondom WTW Cond 340i mjerena je električna provodnost vode ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ).

##### **3.1.2. Uzorkovanje makroskopskih vodenih beskrležnjaka**

Uzorci makroskopskih vodenih beskrležnjaka prikupljeni su Surberovom mrežom s dimenzijama okvira  $25 \times 25$  cm te s veličinom oka mreže od  $500 \mu\text{m}$ . Uzorkovanje je započeto od nizvodnih prema uzvodnim dijelovima izvora, pri čemu je Surberova mreža postavljena u položaj za uzorkovanje, a otvor mreže usmjeren prema uzvodnom dijelu toka. Uzorak se prikupljao podizanjem sedimenta s dna tekućice na dubini od 10-15 cm pomoću ruke ili "kick-sampling" metodom, kojom se snažnim udaranjem ili rotiranjem stopala / izmeću unutar okvira mreže uzvodno od otvora Surberove mreže prikuplja fauna koju struja vode otplavi u mrežu. Tijekom uzorkovanja jedan okvir mreže je na površini sedimneta, a drugi se drži okomito na podlogu. Prilikom svakog uzorkovanja prikupljen je po jedan uzorak s tri različita tipa supstrata / mikrostaništa: mahovina ili fital (S1), valutice ili mezolital (S2; 6-20 cm) i šljunak ili mikrolital (S3; 2-6 cm). Nakon uzorkovanja prikupljena fauna konzervirana je u 96% etanolu te pohranjena u plastične bočice na koje je prethodno napisan naziv lokaliteta, tip supstrata i datum uzorkovanja.

### 3.2. Laboratorijska istraživanja

U Laboratoriju za ekološka istraživanja Zoologijskog zavoda Prirodoslovno – matematičkog fakulteta sakupljeni materijal je razvrstan i pregledan. Na stereolupi su izolirane različite skupine vodenih makroskopskih beskralješnjaka, uključujući i predstavnike skupine Amphipoda. Potom su izolirani uzorci rakušaca izbrojani i pregledani na binokularnoj lupi XTL-3400D u cilju utvrđivanja vrste odnosno podvrste. Pregledavanjem materijala su utvrđene sljedeće vrste: *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922, *Niphargus* spp. (Schiödte) i podvrsti *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* S. Karaman, 1931. Razlikovanje vrsta učinjeno je na temelju relevantnih ključeva za determinaciju (G. Karaman, 1965, 1993). Rod *Fontogammarus* prvi je opisao S. Karaman 1931, a postao je valjan nakon revizije G. S. Karamana 1965. Prema S. Karaman (1965) ukupna dužina tijela mužjaka i ženki podvrste *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* je manja od ukupne dužine tijela mužjaka i ženki podvrste *Fontogammarus dalmatinus krkensis*. Podvrste se mogu razlikovati po trnovima i dlakama na trećem urosegmentu. Podvrsta *F. d. dalmatinus* ima 3. pereopod više dlakav u usporedbi s podvrstom *F. d. krkensis*, a bazalni članak 7. pereopoda je više ovalan u podvrsti *F. d. krkensis* (Gurić 2009, Karaman 1965).

### 3.3. Primijenjeni programski paketi i aplikacije

Utvrđena brojnost rakušaca pojedinih vrsta unesena je u računalno u bazu podataka programa Microsoft Excel 2010, koji se uz program Statistica 10 (StatSoft Inc., Tulsa, OK) koristio za numeričku, grafičku i statističku obradu podataka.

Na temelju dobivenih rezultata, obrađenih u navedenim programskim paketima analiziran je suživot dviju vrsta na izvoru Krupe s obzirom na tipove mikrostaništa. Za utvrđivanje statističke značajnosti u različiti brojnosti jedinki pojedinih vrsta na određenom tipu mikrostaništa korišten je dvosmjerni *t*-test (razina značajnosti  $p < 0,05$ ).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Abiotički i biogeni faktori okoliša na izvoru Krupe

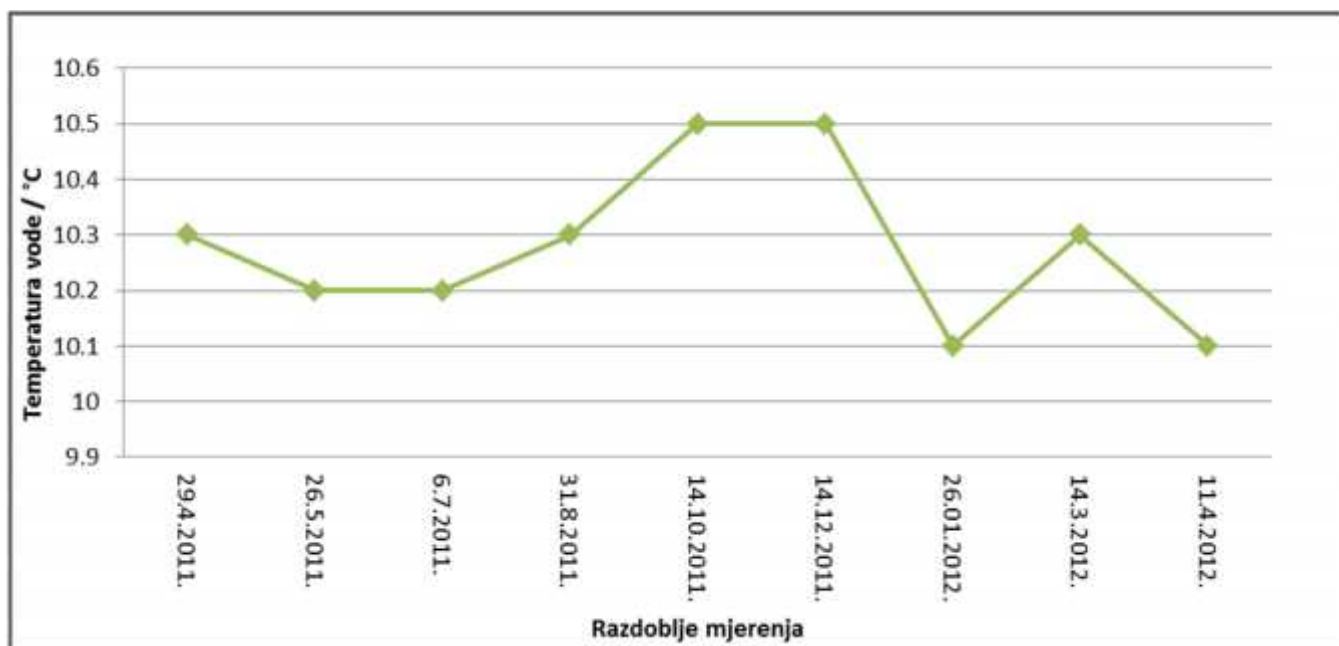
Tijekom uzorkovanja na izvoru rijeke Krupe izmjereni su osnovni fizikalno – kemijski faktori vode: temperatura vode, temperatura zraka, količina otopljenog kisika u vodi, zasićenje vode kisikom, pH, provodnost i količina  $\text{CaCO}_3$ .

#### 4.1.1. Temperatura vode

Na području uzorkovanja nisu prisutne značajnije temperaturne oscilacije vode. Minimalna temperatura je iznosila 10.1 °C. Maksimalna temperatura je iznosila 10.5 °C, a srednja vrijednost temperature za istraživano razdoblje je bila 10.3 °C (Tablica 1; Slika 8). Najveća razlika u temperaturi iznosi svega 0.4 °C. Temperatura je stabilna tijekom istavog mjerenog razdoblja.

Tablica 1. Temperatura vode na izvoru rijeke Krupe tijekom istraživanog razdoblja.

DATUM MJERENJA	T.VODE / (°C)
29.4.2011.	10.3
26.5.2011.	10.2
6.7.2011.	10.2
31.8.2011.	10.3
14.10.2011.	10.5
14.12.2011.	10.5
26.01.2012.	10.1
14.3.2012.	10.3
11.4.2012.	10.1
MINIMUM	10.1
MAKSIMUM	10.5
SREDNJA VRIJEDNOST	10.3



Slika 8. Temperatura vode (°C) na izvoru rijeke Krupe tijekom istraživnog razdoblja.

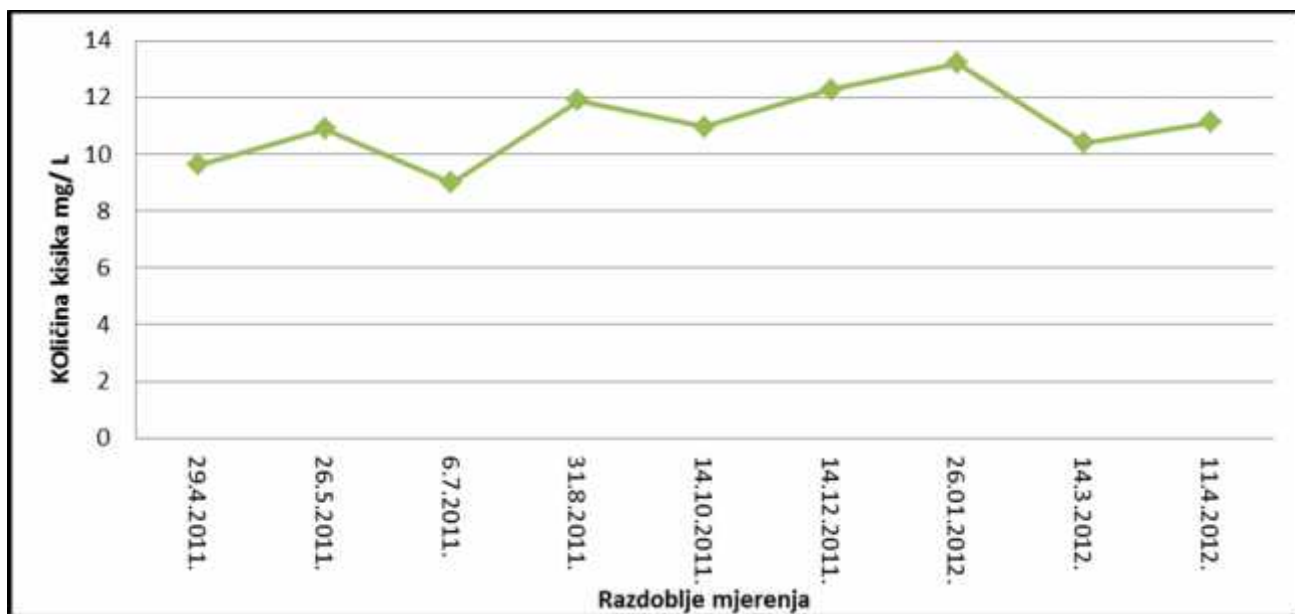
#### 4.1.2. Koncentracija otopljenog kisika na izvoru rijeke Krupe

Koncentracija otopljenog kisika izmjerena na izvoru rijeke Krupe pokazuje male varijacije. Najviša koncentracija otopljenog kisika zabilježena je u sije nju 2012. godine i iznosila je 13.2 mg/ L, a najniža zabilježena koncentracija otopljenog kisika bila je u srpnju 2011. godine i iznosila je 9 mg/ L, dok je srednja vrijednost iznosila 11.05 mg/ L (Tablica 2; Slika 9).

Tablica 2. Koncentracija otopljenog kisika (mg / L) na izvoru rijeke Krupe.

DATUM MJERENJA	KOL.KISIKA (mg/ L)
29.4.2011.	9.63
26.5.2011.	10.9
6.7.2011.	9
31.8.2011.	11.9
14.10.2011.	10.95
14.12.2011.	12.28
26.01.2012.	13.2
14.3.2012.	10.4
11.4.2012.	11.11
MINIMUM	9.0
MAKSIMUM	13.2
SREDNJA VRIJEDNOST	11.05





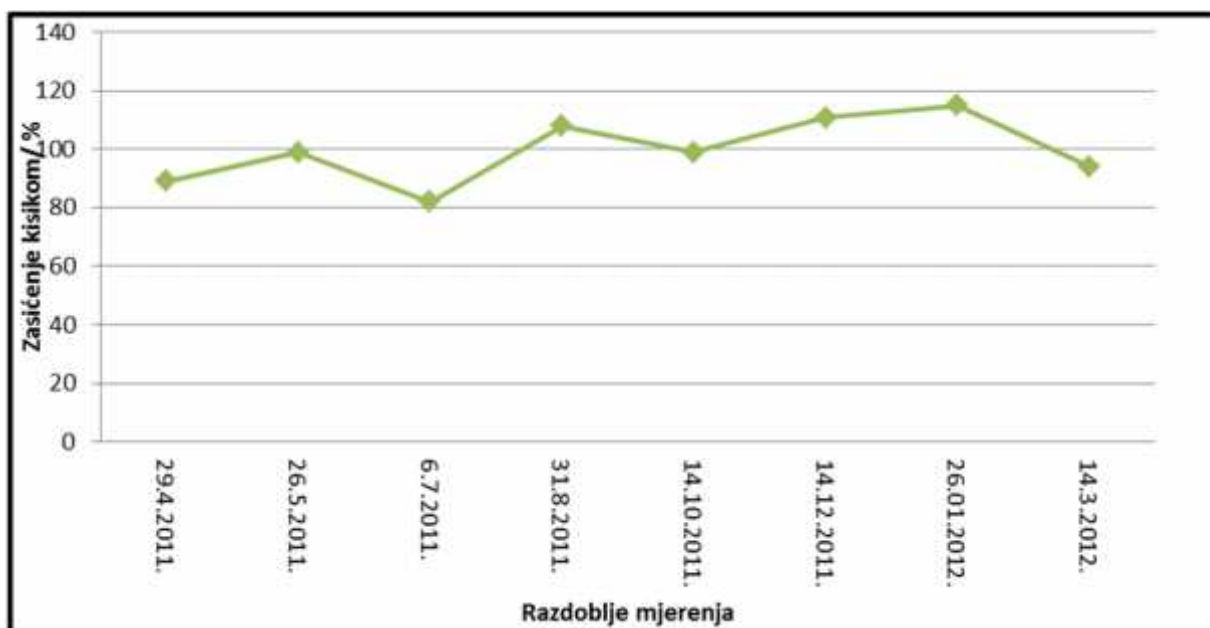
Slika 9. Koncentracija otopljenog kisika (mg/L) na izvoru rijeke Krupe tijekom istraživanog razdoblja.

#### 4.1.3. Zasi enje vode kisikom na izvoru rijeke Krupe

Zasi enje vode kisikom kretalo se u rasponu od najniže vrijednosti koja je iznosila 82% u srpnju 2011. godine do najviše zabilježene vrijednosti od 115% u sije nju 2012. godine, a srednja vrijednost zasi enja vode kisikom na izvoru rijeke Krupe iznosila je 99.57 %. (Tablica 3; Slika 10).

Tablica 3. Zasi enje vode kisikom (%) na izvoru rijeke Krupe.

DATUM MJERENJA	ZASI ENJE KISIKOM (%)
29.4.2011.	89
26.5.2011.	99
6.7.2011.	82
31.8.2011.	108
14.10.2011.	99
14.12.2011.	110.8
26.01.2012.	115
14.3.2012.	94.1
11.4.2012.	101.4
MINIMUM	82
MAKSIMUM	115
SREDNJA VRIJEDNOST	99.57



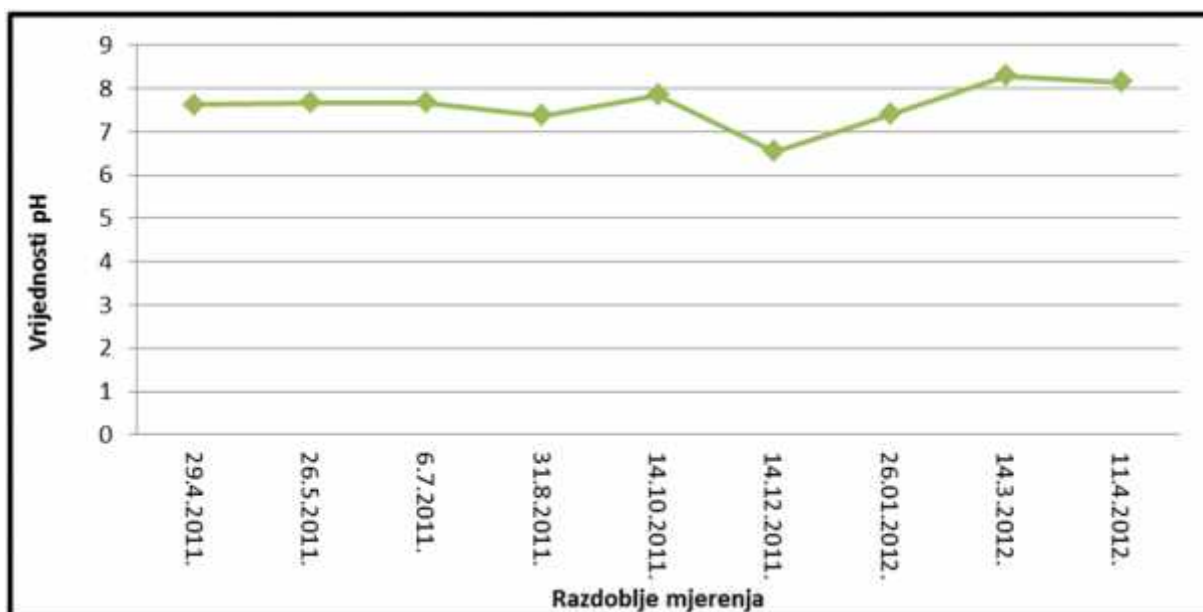
Slika 10. Zasićenje vode kisikom (%) na izvoru rijeke Krupe tijekom istraživanog razdoblja.

#### 4.1.4. pH vrijednosti vode na izvoru rijeke Krupe

Izmjerene vrijednosti pH na izvoru rijeke Krupe pokazuju da je najniža pH vrijednost izmjerena u 12. mjesecu 2011. godine te je iznosila 6.54, a najviše vrijednost je zabilježena u 3. mjesecu 2012. godine i iznosila je 8.29. Prosječna vrijednost pH vode izvora rijeke Krupe bila je za mjereno razdoblje 7,6 (Tablica 4; Slika 11).

Tablica 4. pH vrijednosti vode na izvoru rijeke Krupe

DATUM MJERENJA	pH
29.4.2011.	7.63
26.5.2011.	7.67
6.7.2011.	7.68
31.8.2011.	7.38
14.10.2011.	7.85
14.12.2011.	6.54
26.01.2012.	7.4
14.3.2012.	8.29
11.4.2012.	8.15
MINIMUM	7.38
MAKSIMUM	8.29
SREDNJA VRIJEDNOST	7.6



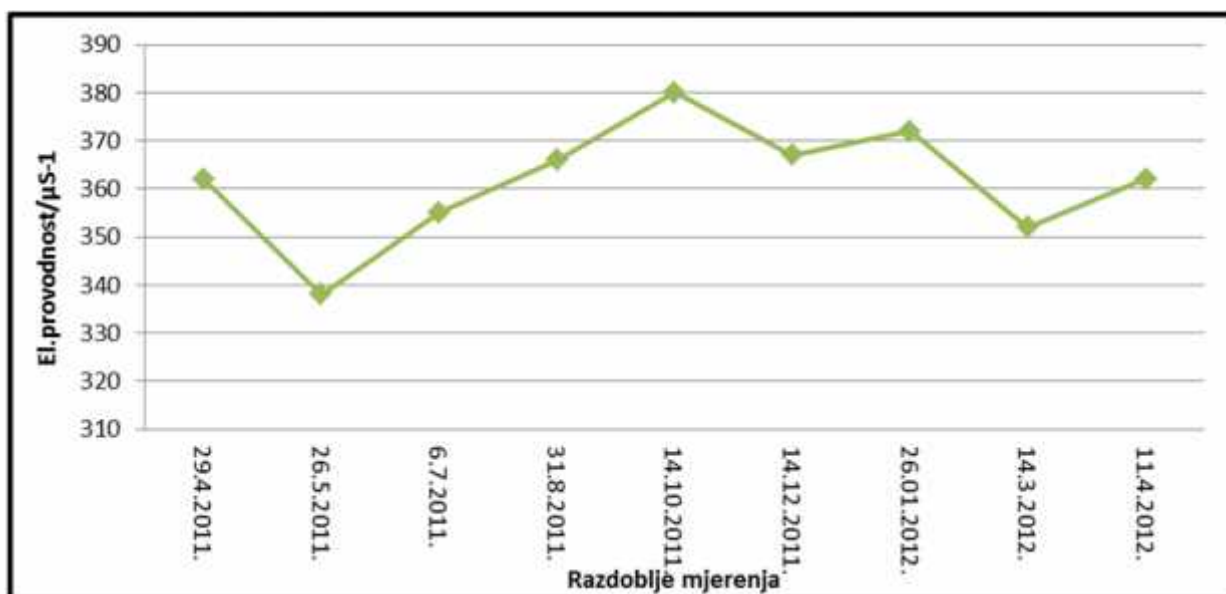
Slika 11. pH vrijednosti vode na izvoru rijeke Krupe

#### 4.1.5. Elektri na provodnost na izvoru rijeke Krupe

Najniža elektri na provodnost na izvoru rijeke Krupe zabilježena je u svibnju 2011. godine i iznosila je 338  $\mu\text{S/cm}$ , a najviša zabilježena provodnost zabilježena je u listopadu 2011. godine i iznosila je 380  $\mu\text{S/cm}$ , a utvrđena srednja vrijednost provodnosti bila je 362.3  $\mu\text{S/cm}$  (Tablica 5; Slika 13).

Tablica 5. Elektri na provodnost vode na izvoru rijeke Krupe

DATUM MJERENJA	EL. PROVODNOST ( $\mu\text{S/cm}$ )
29.4.2011.	362
26.5.2011.	338
6.7.2011.	355
31.8.2011.	366
14.10.2011.	380
14.12.2011.	367
26.01.2012.	372
14.3.2012.	352
11.4.2012.	362
MINIMUM	352
MAKSIMUM	380
SREDNJA VRIJEDNOST	362.3



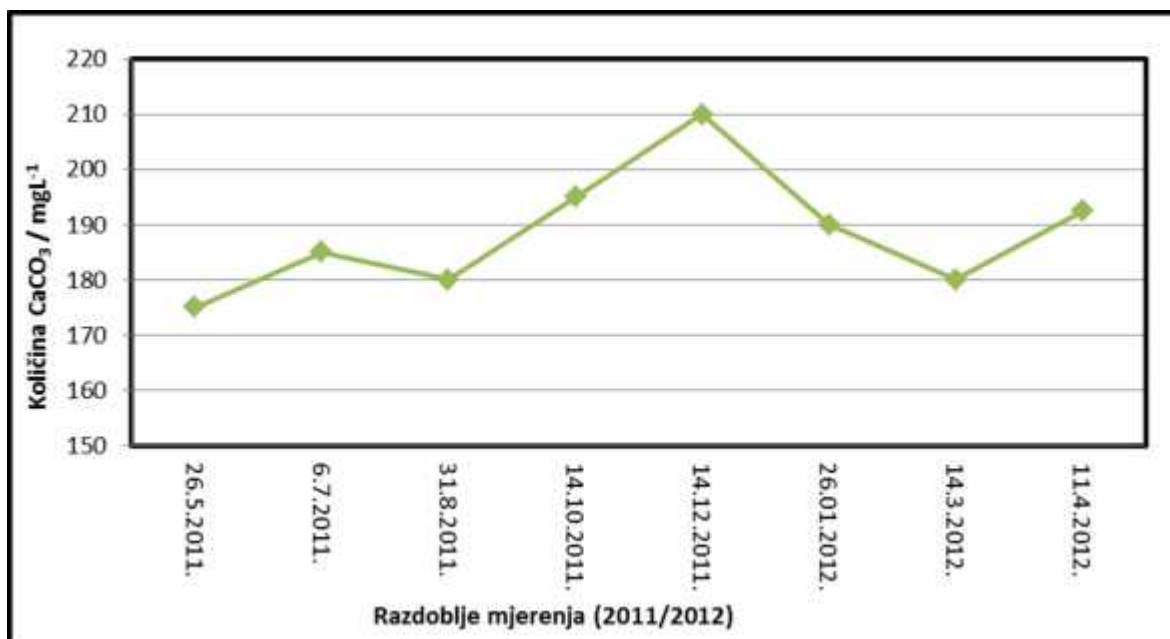
Slika 12. Elektri na provodnost vode (µS/cm) na izvoru rijeke Krupe

#### 4.1.6. Koli ina $\text{CaCO}_3$ na izvoru rijeke Krupe

Za datum 29.4.2011. nema podataka o koli ini  $\text{CaCO}_3$  u vodi izvora rijeke Krupe, jer ili nije bilo mjereno ili je voda bila zale ena. Najniža zabilježena vrijednost koli ine  $\text{CaCO}_3$  u vodi izmjerena je u svibnju 2011. godine i iznosila je 175 mg / L, a najviša zabilježena vrijednost iznosila je 210 mg / L u prosincu 2012. godine. Srednja vrijednost koli ine  $\text{CaCO}_3$  iznosila je 190 mg / L za istraživano razdoblje (Tablica 6; Slika 13).

Tablica 6. Koli ina  $\text{CaCO}_3$  u vodi izvora rijeke Krupe (mg/ L)

DATUM MJERENJA	KOLI INA $\text{CaCO}_3$
29.4.2011.	*
26.5.2011.	175
6.7.2011.	185
31.8.2011.	180
14.10.2011.	195
14.12.2011.	210
26.01.2012.	190
14.3.2012.	180
11.4.2012.	192.5
MINIMUM	175
MAKSIMUM	210
SREDNJA VRIJEDNOST	190



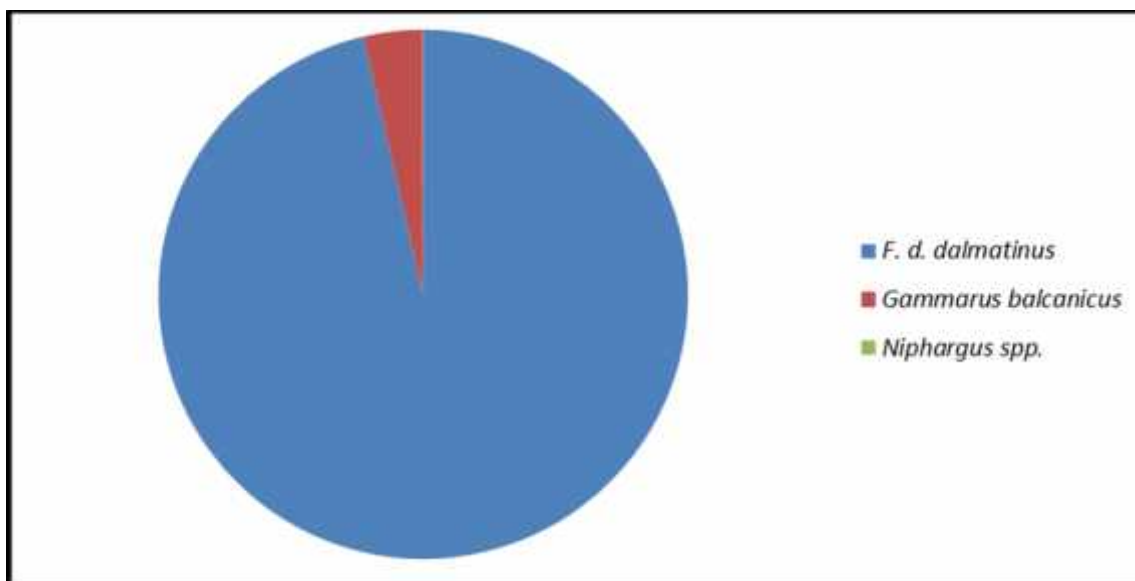
Slika 13. Količina CaCO<sub>3</sub> vode na izvoru rijeke Krupe

#### 4.2. Zastupljenost utvrđenih vrsta rakušaca na izvoru rijeke Krupe

Od pregledanih sveukupno 14 344 primjeraka rakušaca; zabilježene su tri svojte rakušaca na izvoru rijeke Krupe od travnja 2011. do travnja 2012. godine, a to su: podvrsta *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* S. Karaman, 1931 sa 13 822 jedinke i vrsta *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 iz porodice Gammaridae sa 515 jedinki i rod *Niphargus* spp. iz porodice Niphargidae (Schiödte) sa samo 7 jedinki od ukupnog broja jedinki (Tablica 7). Utvrđeno je da je svojta *F. d. dalmatinus* imala najveći udio u ukupnom broju svih jedinki na izvoru rijeke Krupe tokom istraživanog razdoblja (Slika 14).

Tablica 7. Ukupni broj sakupljenih jedinki utvrđenih vrsta rakušaca na izvoru rijeke Krupe

VRSTA	UKUPNI BROJ
<b>Fontogammarus dalmatinus dalmatinus</b>	<b>13822</b>
<b>Gammarus balcanicus</b>	<b>515</b>
<b>Niphargus spp.</b>	<b>7</b>
<b>SVEUKUPNO</b>	<b>14344</b>

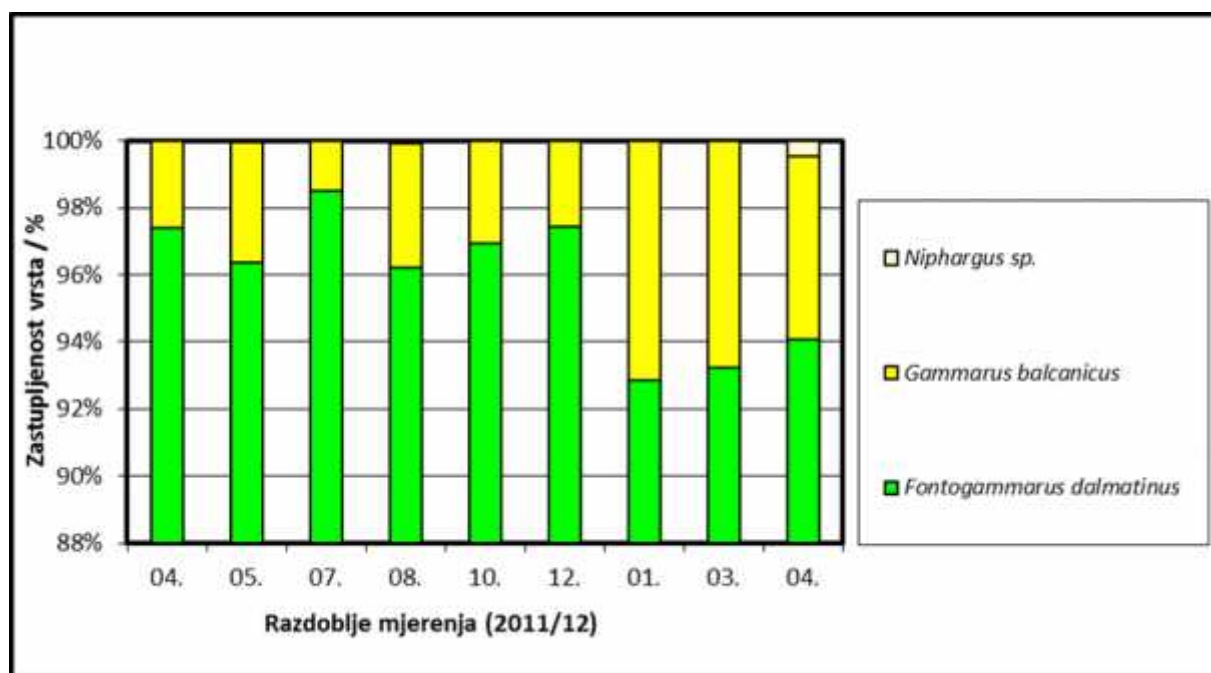


Slika 14. Ukupni udjeli pojedinih vrsta rakušaca na izvoru rijeke Krupe

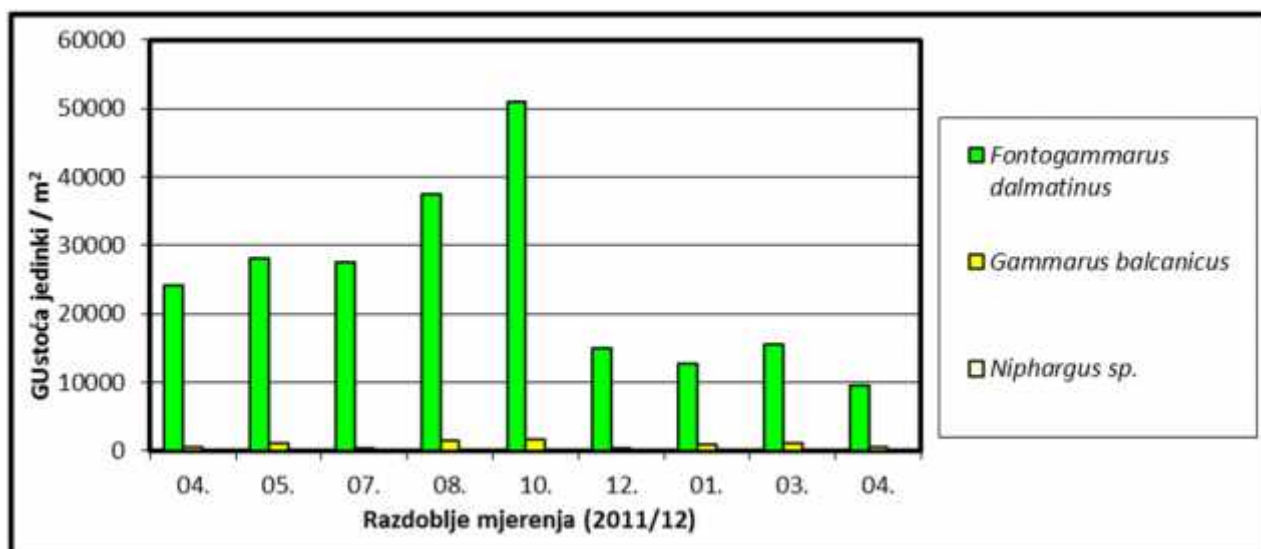
Iz rezultata je vidljivo i da je svojta *F. d. dalmatinus* ima najveću zastupljenost u usporedbi s ostale dvije utvrđene vrste tokom istraživanih razdoblja (Slika 15), a najveća zabilježena ukupna gustoća jedinki / m<sup>2</sup> utvrđenih vrsta rakušaca iznosila je 52 528 jedinki / m<sup>2</sup> u listopadu 2011. godine, dok je najniža zabilježena gustoća jedinki / m<sup>2</sup> utvrđenih vrsta rakušaca iznosila 10 240 jedinki / m<sup>2</sup> u travnju 2012. godine (Tablica 8). Iz ukupnog broja utvrđenih vrsta na izvoru Krupe tokom istraživanih perioda vidi se trend rasta od travnja do listopada te zatim pad od listopada 2011. godine do travnja 2012. godine (Slika 16). Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> svojte *F. d. dalmatinus* raste od travnja 2011. godine sve do pika u listopadu iste godine, te se zatim bilježi lagani pad u gustoći jedinki / m<sup>2</sup> s najnižom zabilježenom vrijednošću u travnju 2012. godine koja iznosi 9 632 jedinki / m<sup>2</sup>. Svojta *Gammarus balcanicus* imala je porast u gustoći jedinki od travnja 2011. godine do listopada 2011. godine (s iznimkom srpnja 2011. godine kada je vidljiv pad sa 1040 jedinki na samo 416 jedinki), a zatim u prosincu 2012. godine vidljiv je pad u gustoći jedinki / m<sup>2</sup> (400 jedinki / m<sup>2</sup>) koja ponovno raste tokom siječnja i ožujka 2012. godine (976 i 1 136 jedinki / m<sup>2</sup>) da bi ponovno pala u travnju 2012. godine na 560 jedinki / m<sup>2</sup>. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> svojte *Niphargus spp.* raste od travnja 2012. godine do kolovoza iste godine, a tokom narednih mjeseci nije zabilježena niti jedna jedinka sve do travnja 2012. godine kada se bilježi najveća gustoća jedinki te svojte i ona iznosi 48 jedinki / m<sup>2</sup> (Tablica 8).

Tablica 8. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> utvrđenih vrsta rakušaca tijekom istraživnog razdoblja na izvoru rijeke Krupe

Vrste	29.4.2011.	26.5.2011.	6.7.2011.	31.8.2011.	14.10.2011.	14.12.2011.	26.1.2014.	14.3.2014.	11.4.2012.
<i>F. d. dalmatinus</i>	24096	28080	27504	37568	50912	15056	12688	15616	9632
<i>G. balcanicus</i>	640	1040	416	1456	1616	400	976	1136	560
<i>Niphargus</i> spp.	1	16	0	32	0	0	0	0	48
Ukupno	24737	29136	27920	39056	52528	15456	13664	16752	10240



Slika 15. Zastupljenost (%) zabilježenih vrsta rakušaca na izvoru rijeke Krupe



Slika 16. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> zabilježenih vrsta rakušaca na izvoru rijeke Krpe

#### 4.2.1. Ukupna dinamika zastupljenosti rakušaca u različitim tipovima mikrostaništa.

Najveća brojnost nadzemnih rakušaca zabilježena je na supstratu S1 koji predstavlja mahovinu kao mikrostanište i iznosila je 8 325 jedinki, a najmanja brojnost nadzemnih rakušaca zabilježena je na supstratu S2 koji predstavlja valutice kao mikrostanište i iznosila je 1 452 jedinke. Iz podataka vidljivo je da je podvrsta *Fontogammarus dalmatinus* S. Karaman, 1931 najzastupljenija svojta rakušaca na izvoru rijeke Krpe te da je ukupnim brojem najdominantnija na sva tri tipa mikrostaništa (Tablica 9).

Tablica 9. Ukupan broj jedinki zabilježenih vrsta rakušaca u različitim tipovima mikrostaništa

VRSTA	MIKROSTANIŠTE		
	S1-MAHOVINA	S2-VALUTICE	S3-ŠLJUNAK
<b>F. d. dalmatinus</b>	8089	1369	4364
<b>Gammarus balcanicus</b>	235	82	198
<b>Niphargus spp.</b>	1	1	5
<b>UKUPNO</b>	<b>8325</b>	<b>1452</b>	<b>4567</b>

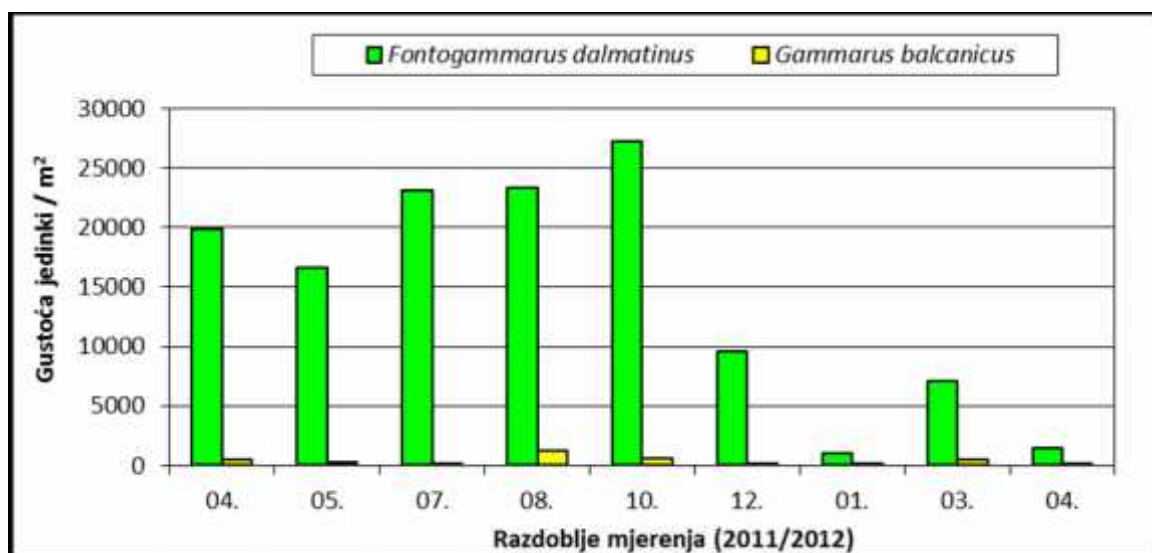


#### 4.2.2. Sintopijska mikrodistribucija

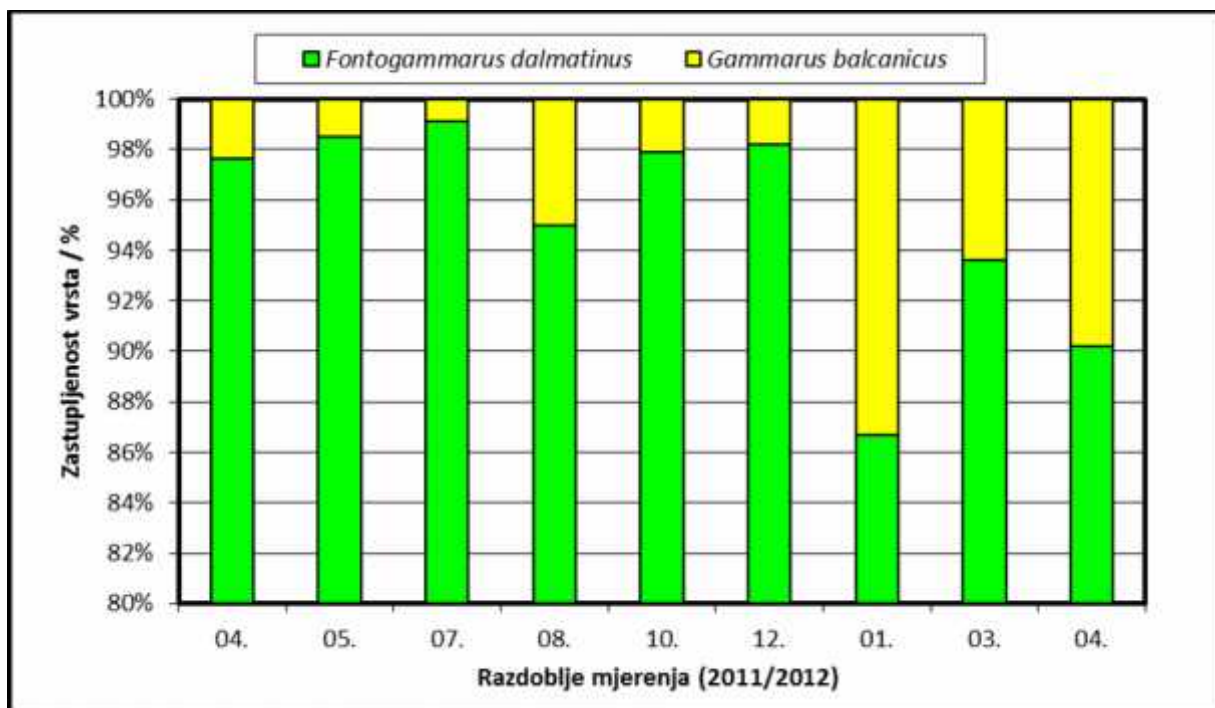
U mahovini (S1) kao mikrostaništu najviša zabilježena gustoća jedinki po  $\text{m}^2$  za podvrstu *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* iznosila je 27 232 jedinki /  $\text{m}^2$  listopada 2011. godine, a za vrstu *Gammarus balcanicus* najviša zabilježena gustoća u mahovini je bila 1 232 jedinki /  $\text{m}^2$  u kolovozu 2011. godine. Najniže zabilježene vrijednosti za utvrđene vrste u mahovini (S1) su iznosile za podvrstu *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* 1 040 jedinki /  $\text{m}^2$  u siječnju 2012. godine, a za vrstu *Gammarus balcanicus*; 160 jedinki /  $\text{m}^2$  također u siječnju i travnju 2012. godine (Tablica 9; Slika 17). Iz rezultata je vidljivo da je s obzirom na mahovinu kao mikrostanište svojta *F. d. dalmatinus* zastupljenija tokom itave godine od svojte *Gammarus balcanicus* u ukupnom udjelu (Slika 18).

Tablica 10. Gustoća jedinki /  $\text{m}^2$  svojti *F. d. dalmatinus* i *G. balcanicus* na izvoru rijeke Krupe na supstratu S1-mahovina

S1-MAHOVINA	29.4. 2011.	26.5. 2011.	6.7. 2011.	31.8. 2011.	14.10. 2011.	14.12. 2011.	26.1. 2012.	14.3. 2012.	11.4. 2012.
<b>F. d. dalmatinus</b>	19840	16640	23120	23376	27232	9600	1040	7056	1472
<b>Gammarus balcanicus</b>	480	256	208	1232	592	176	160	480	160



Slika 17. Gustoća jedinki /  $\text{m}^2$  svojti *F. d. dalmatinus* i *G. balcanicus* na izvoru rijeke Krupe na supstratu S1-mahovina

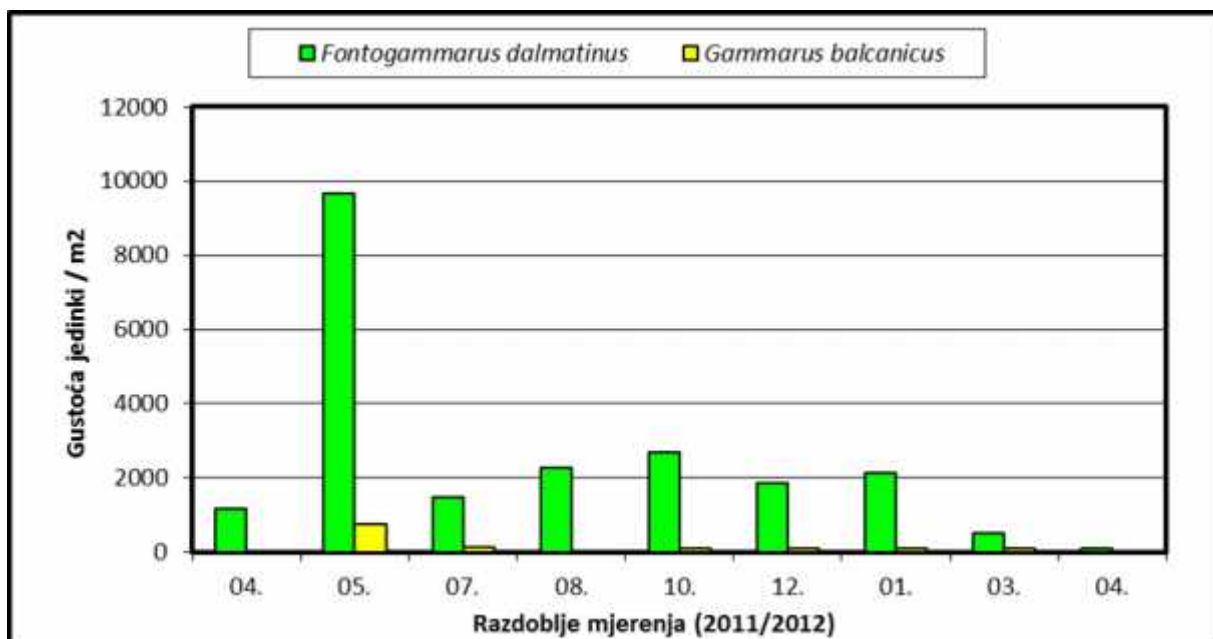


Slika 18. Zastupljenost svojti *F. d. dalmatinus* i *G. balcanicus* na izvoru rijeke Krupe na supstratu S1-mahovina

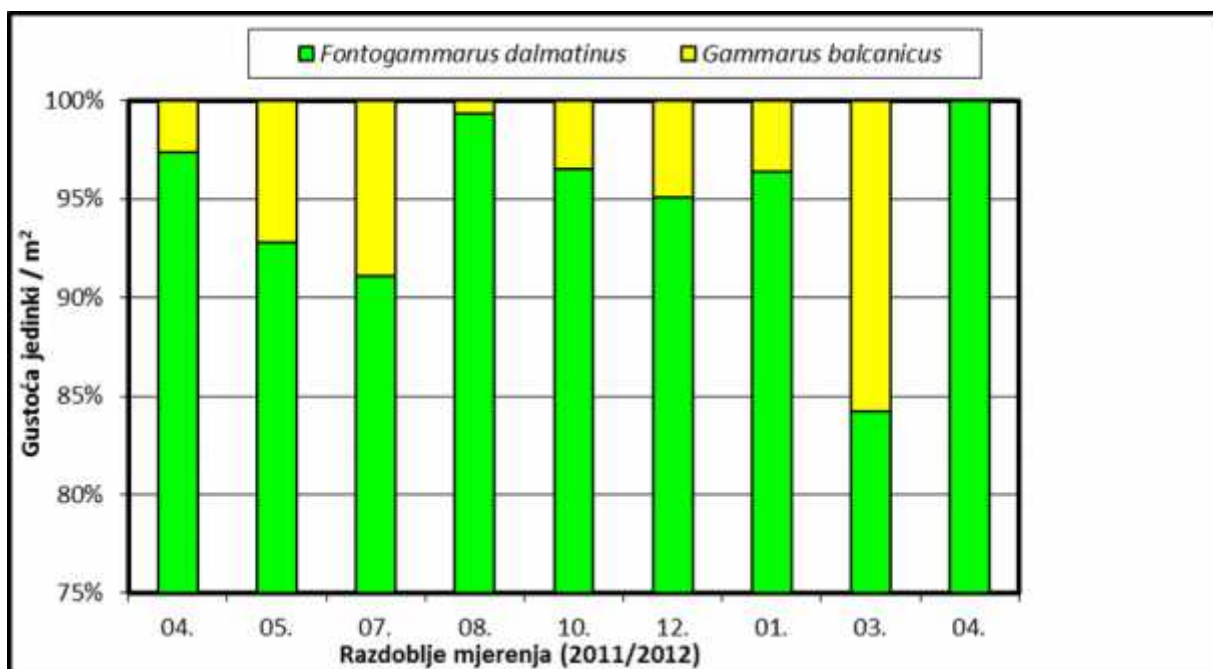
U valuticama (S2) kao mikrostaništu najviše zabilježene gustoće jedinki utvrđene vrste rakušaca / m<sup>2</sup> za svojtu *F. d. dalmatinus* i *Gammarus balcanicus* iznosile su 9 664 i 752 jedinke / m<sup>2</sup> tokom svibnja 2011., a najmanje zabilježene vrijednosti gustoće jedinki / m<sup>2</sup> iznosile su 0 i 112 jedinki / m<sup>2</sup> u travnju 2012. godine (Tablica 11; Slika 19). *F. d. dalmatinus* dominira zastupljenošću u jedinki i na valuticama kao mikrostaništu tokom istraživanog razdoblja, a najveća zastupljenosti u odnosu na svojtu *Gammarus balcanicus* je bila u travnju 2012. godine (Slika 20).

Tablica 11. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> svojti *F. d. dalmatinus* i *G. balcanicus* na izvoru rijeke Krupe na supstratu S2-valutice

S2-VALUTICE	29.4. 2011.	26.5. 2011.	6.7. 2011.	31.8. 2011.	14.10. 2011.	14.12. 2011.	26.1. 2012.	14.3. 2012.	11.4. 2012.
<b>F. d. dalmatinus</b>	1184	9664	1472	2288	2672	1856	2144	512	112
<b>Gammarus balcanicus</b>	32	752	144	16	96	96	80	96	0



Slika 19. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> vrsta *F. d. dalmatinus* S. Karaman, 1931 i *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 na izvoru rijeke Krupe na suspstratu S2-valutice.



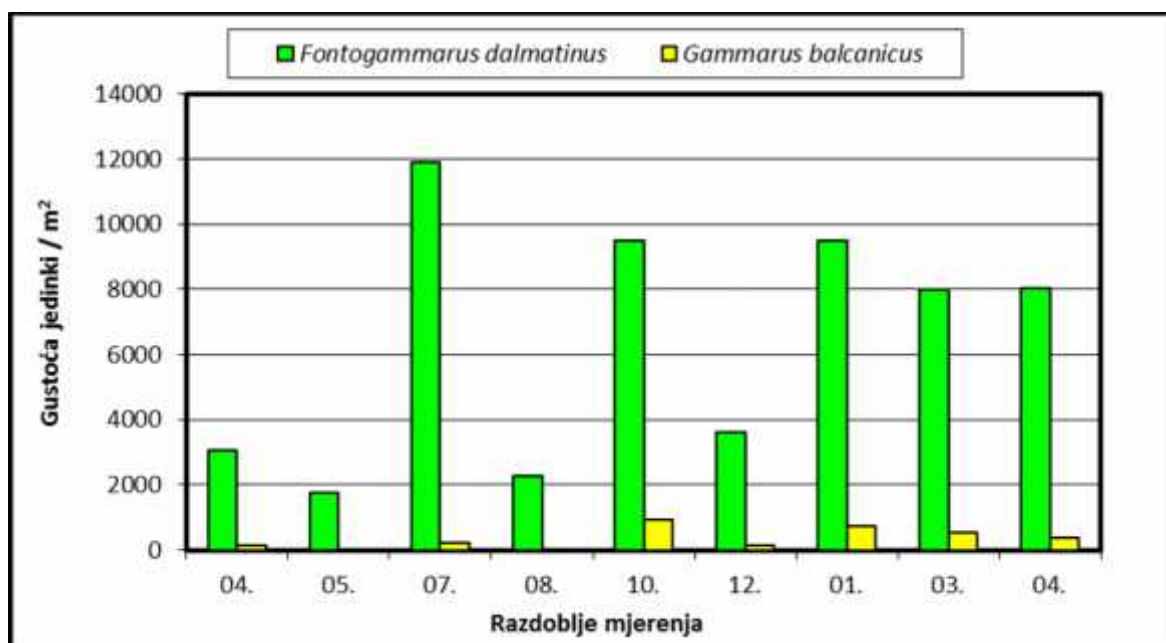
Slika 20. Zastupljenost svojti *F. d. dalmatinus* i *Gammarus balcanicus* na izvoru rijeke Krupe na suspstratu S2-valutice

U šljunku (S3) kao mikrostaništu najveća zabilježena gustoća jedinki / m<sup>2</sup> za svojtu *F. d. dalmatinus* bila je u srpnju 2011. godine i iznosila je 11 904 jedinki / m<sup>2</sup>, a najniža

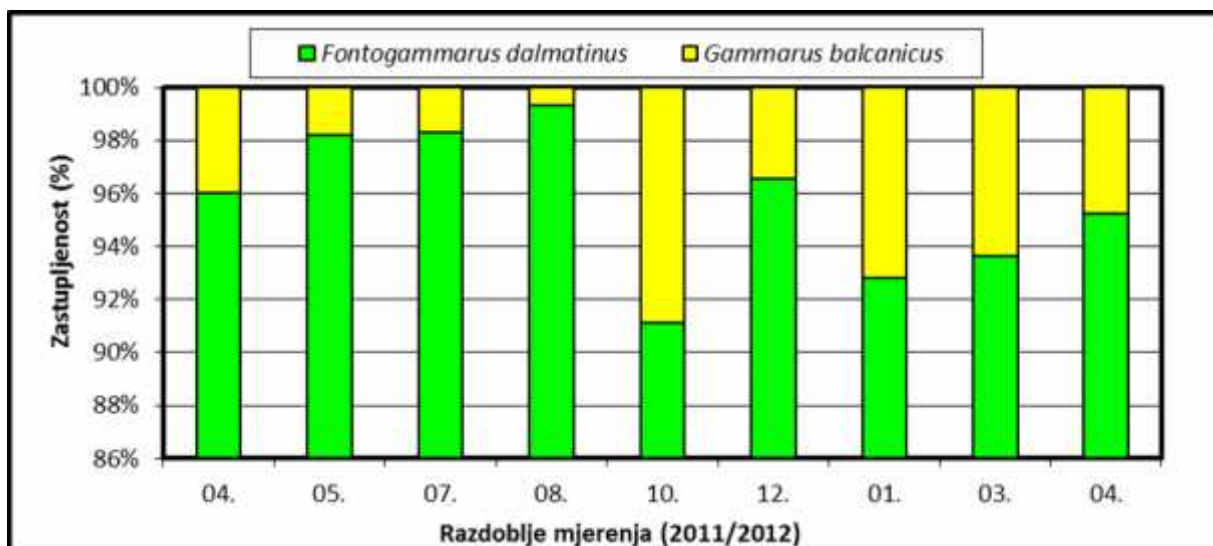
zabilježena vrijednost zabilježena je u svibnju 2011. godine i iznosila je 1 776 jedinki / m<sup>2</sup>. Za svojtu *Gammarus balcanicus* najviša zabilježena vrijednost iznosila je 928 jedinki / m<sup>2</sup> u listopadu 2011. godine, a najniža zabilježena vrijednost iznosila je 16 jedinki / m<sup>2</sup> u kolovozu 2011. godine (Tablica 12; Slika 21). Svojta *F. d. dalmatinus* je također i dominantnije zastupljena tokom itavog istraživanog razdoblja na šljunku (S3) kao mikrostaništu na izvoru rijeke Krpe (Slika 22).

Tablica 12. Gustoća svojti / m<sup>2</sup> vrsta *F. d. dalmatinus* i *Gammarus balcanicus* na izvoru rijeke Krpe na suspratu S3-šljunak

S3-ŠLJUNAK	29.4. 2011.	26.5. 2011.	6.7. 2011.	31.8. 2011.	14.10. 2011.	14.12. 2011.	26.1. 2012.	14.3. 2012.	11.4. 2012.
<b>F. d. dalmatinus</b>	3072	1776	11904	2288	9504	3600	9504	8000	8048
<b>Gammarus balcanicus</b>	128	32	208	16	928	128	736	544	400



Slika 21. Zastupljenost svojti *F. d. dalmatinus* i *Gammarus balcanicus* na izvoru rijeke Krpe na suspratu S3-šljunak



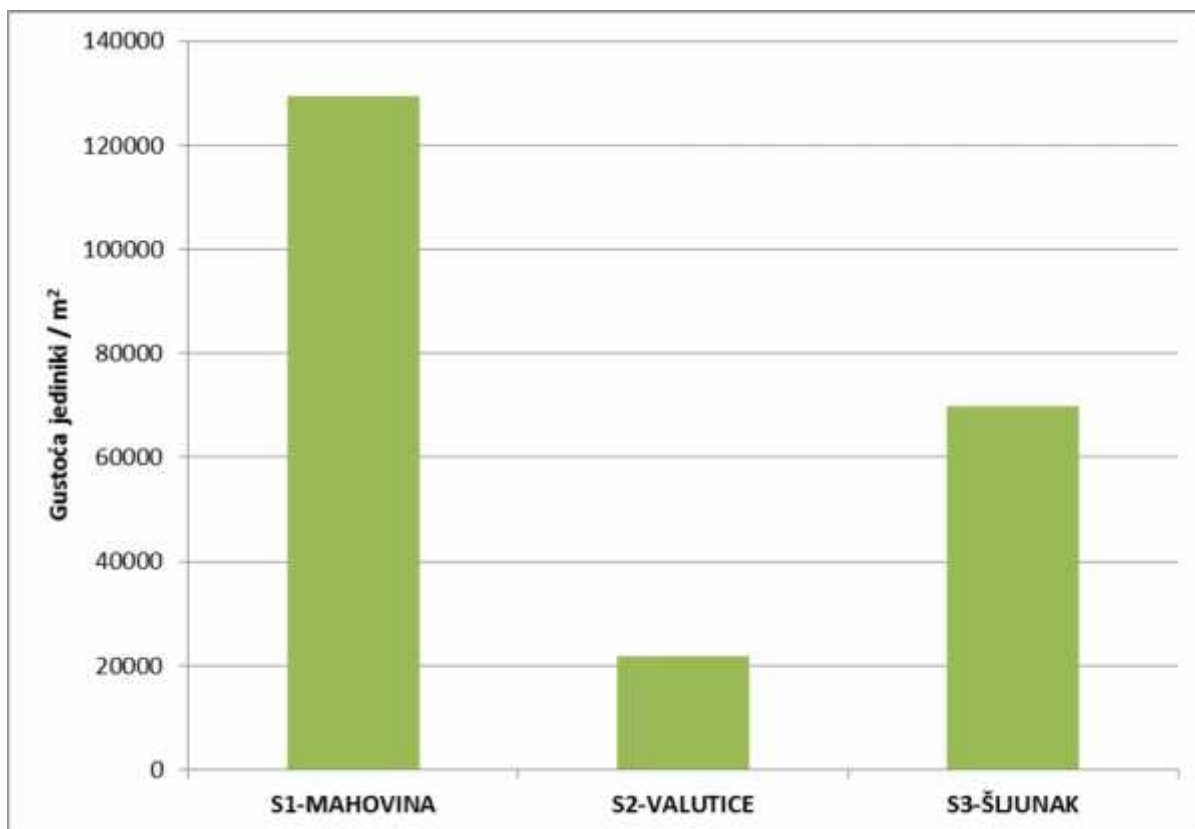
Slika 22. Zastupljenost jedinki / m<sup>2</sup> svojti *F. d. dalmatinus* i *Gammarus balcanicus* na izvoru rijeke Krupe na suspstratu S3-šljunak

#### 4.2.3. Dinamika gustoće i populacija utvrđenih vrsta rakušaca na različitim tipovima supstrata

S obzirom na sva tri tipa supstrata svojti *F. d. dalmatinus* dominira na mahovini (S1) kao mikrostaništu te gustoća jedinki / m<sup>2</sup> iznosi sveukupno 129 424 jedinki / m<sup>2</sup> na tome tipu mikrostaništa. Nakon mahovine, spomenuta svojti je preferirala šljunak (S3) kao mikrostanište s brojem jedinki / m<sup>2</sup> koji je iznosio 69 824 jedinki / m<sup>2</sup> u odnosu na valutice (S2) kao mikrostanište gdje je zabilježena najmanja gustoća jedinki / m<sup>2</sup> ove vrste i ona iznosi 21 904 jedinki / m<sup>2</sup> (Tablica 13; Slika 23).

Tablica 13. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> svojti *F. d. dalmatinus* s obzirom na tip supstrata; S1-mahovina, S2-valutice, S3-šljunak

VRSTA	S1-MAHOVINA	S2-VALUTICE	S3-ŠLJUNAK
<i>Fontogammarus dalmatinus dalmatinus</i>	129424	21904	69824

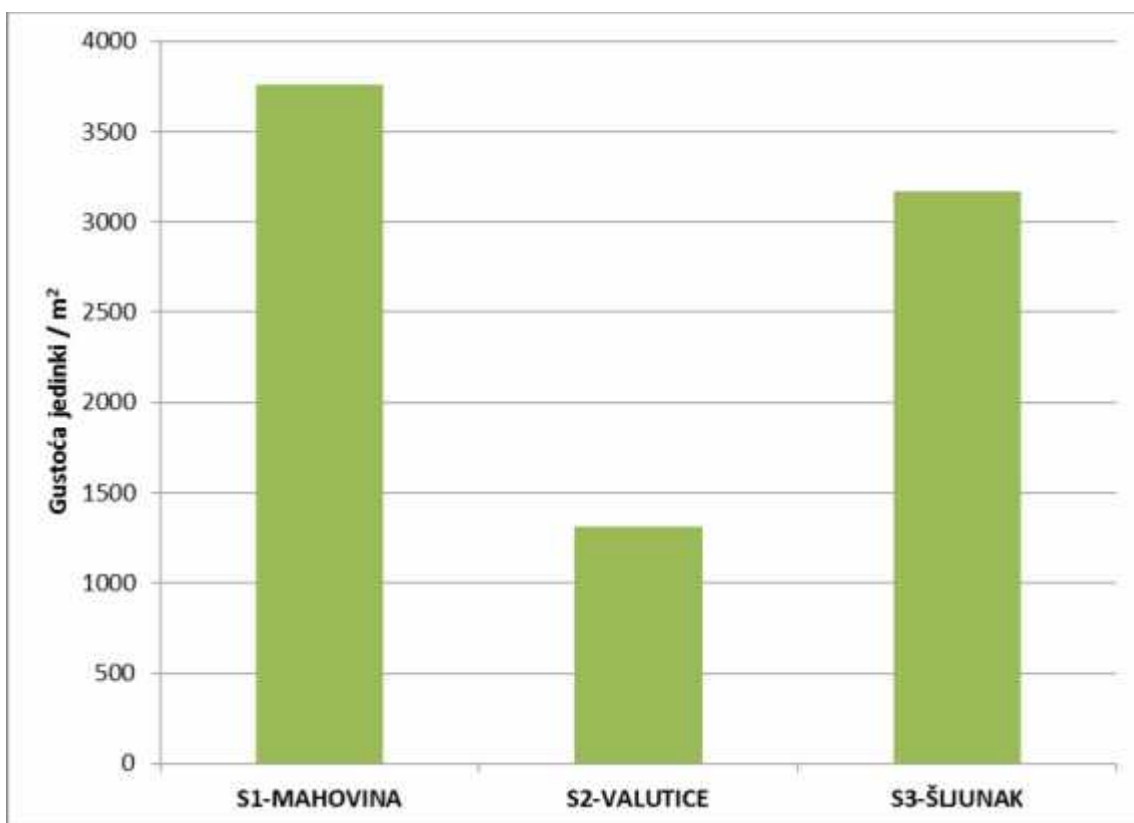


Slika 23. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> podvrste *F. d. dalmatinus* s obzirom na tip supstrata; S1-mahovina, S2-valutice, S3-šljunak

Svojta *Gammarus balcanicus* je imala najveću gustoću u jedinki / m<sup>2</sup> na mahovini (S1) kao mikrostaništu i ona je iznosila 3 760 jedinki / m<sup>2</sup>. Nakon mahovine najveća gustoća jedinki / m<sup>2</sup> je zabilježena na šljunku (S3) kao mikrostaništu sa 3 168 jedinki / m<sup>2</sup> dok je najmanja zabilježena vrijednost bila na valuticama (S2) kao tipu mikrostaništa i iznosila je 1 312 jedinki / m<sup>2</sup> (Tablica 14; Slika 24).

Tablica 14. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> svojte *Gammarus balcanicus* s obzirom na tip supstrata; S1-mahovina, S2-valutice, S3-šljunak

VRSTA	S1-MAHOVINA	S2-VALUTICE	S3-ŠLJUNAK
<i>Gammarus balcanicus</i>	3760	1312	3168



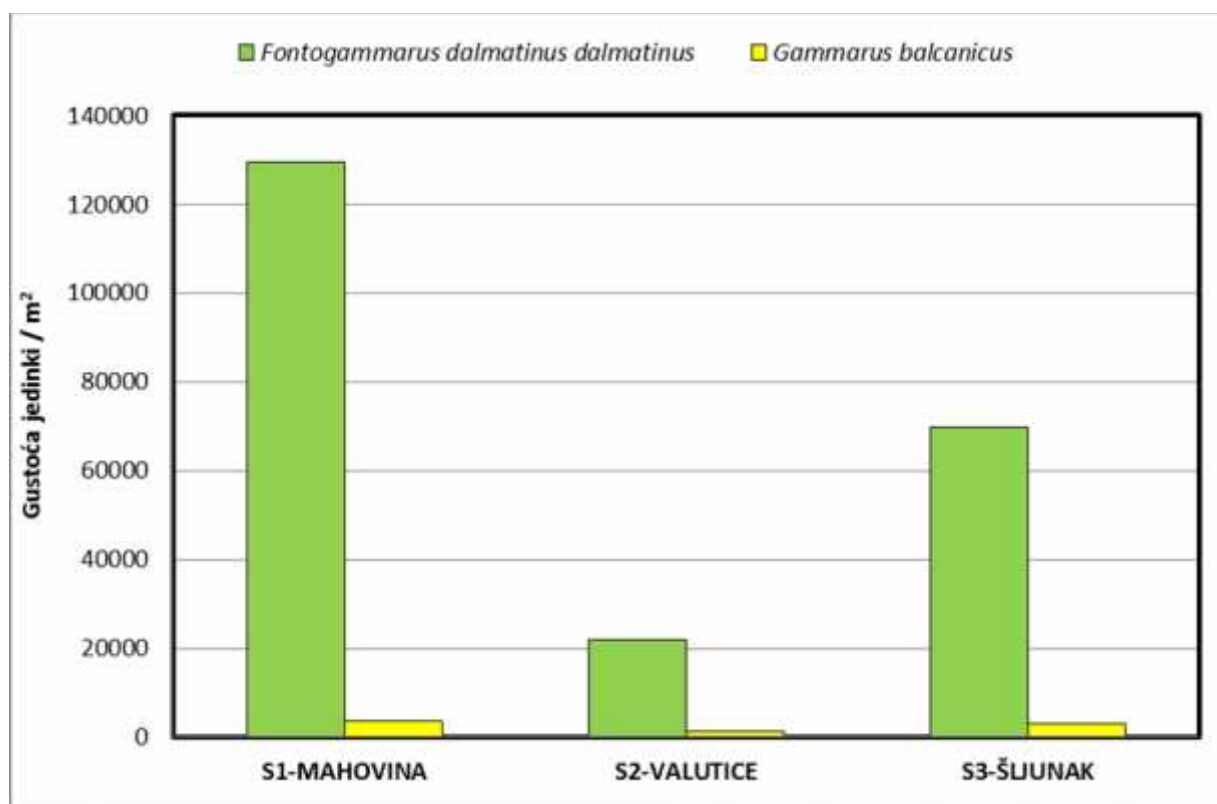
Slika 24. Gustoća jedinki / m<sup>2</sup> svojte *Gammarus balcanicus* s obzirom na tip supstrata; S1-mahovina, S2-valutice, S3-šljunak

Najveća gustoća jedinki obje utvrđene vrste rakušaca zabilježena je na mahovini (S1) kao mikrostaništu i iznosi 133 184 jedinki / m<sup>2</sup>. Drugo po redu najzastupljenije mikrostanište je šljunak (S3) kao mikrostanište sa 72 992 jedinki / m<sup>2</sup>, a zadnje stanište s obzirom na gustoću vrsta / m<sup>2</sup> su valutice (S2) na kojima je zabilježeno sveukupno 23 216 jedinki / m<sup>2</sup> (Tablica 15; Slika 25).

Tablica 15. Gustoća jedinki utvrđenih vrsta rakušaca / m<sup>2</sup> na izvoru rijeke Krupe s obzirom na tip supstrata; S1-mahovina, S2-valutice, S3-šljunak

VRSTA	S1-MAHOVINA	S2-VALUTICE	S3-ŠLJUNAK
<i>F. d. dalmatinus</i>	129424	21904	69824
<i>Gammarus balcanicus</i>	3760	1312	3168

UKUPNO	133184	23216	72992
--------	--------	-------	-------



Slika 25. Dinamika gustoće i populacija (broj jedinki / m<sup>2</sup>) utvrđenih vrsta rakušaca na različitim tipovima supstrata, S1-mahovina, S2-valutice, S3-šljunak

#### 4.2.4. Značajnost izbora mikrostaništa

Na temelju provedenog dvosmjernog *t*-testa pri razini značajnosti od  $p < 0,05$  uz prethodnu provjeru normalnosti distribucije podataka, utvrđena je statistički značajna razlika u brojnosti jedinki podvrste *F. dalmatinus dalmatinus* i vrste *G. balcanicus* na 2 tipa mikrostaništa; S1- mahovina i S3-šljunak, dok za stanište S2-valutice nije utvrđena statistički značajna razlika u brojnosti jedinki. (Tablica 16).

Tablica 16. Statistička značajnost razlika u brojnosti jedinki istraživanih vrsta na različitim tipovima mikrostaništa dobivena dvosmjernim *t*-testom ( $p < 0,05$ ).

MIKROSTANIŠTA	p - vrijednost
---------------	----------------



<b>S1 – MAHOVINA</b>	0,007
<b>S2 – VALUTICE</b>	0,074
<b>S3 – ŠLJUNAK</b>	0,017

## 5. RASPRAVA

Malo se studija bavilo istraživanjem ekologije i životnih navika endemskih rakušaca u Hrvatskoj (Žganec i sur. 2011). Uz to slatkovodni rakušci pokazuju raznolikost životnih ciklusa i osobina koje se razlikuju izme u vrsta i populacija te je izuzetno teško donositi generalne zaključke, osobito kada je rije o sintopijskom sinergizmu rakušaca koji uvelike ovise o mikrostanišnim uvjetima. Studije koje se bave proučavanjem biologije endemskih rakušaca su bitne, jer bi nam trebale omogućiti esencijalne informacije kako bismo što bolje razumjeli razloge endemizma uopće i kako bismo u budućnosti mogli razviti plan zaštite takvih vrsta i što bolje razumjeti njihovu ulogu u ekosustavu. Iz rezultata ovoga rada vidljivo je da su obje utvrđene vrste rakušaca prisutne tijekom cijele godine te da njihova gustoća varira prostorno i vremenski kroz godinu.

Na temelju rezultata istraživanja ovog rada zabilježena je statistički značajna razlika u brojnosti jedinki na dva tipa mikrostaništa (S1- mahovina i S3- šljunak). Obje vrste su izabrale mahovinu (S1) kao najpoželjnije stanište, što je vidljivo iz grafičkih prikaza, a nakon mahovine drugo najpoželjnije stanište predstavlja šljunak (S3), dok su valutice (S2) mikrostanište s najmanjim ukupnim brojem jedinki utvrđenih vrsta (njihova gustoća na ovome tipu mikrostaništa iznosi 23 216 jedinki / m<sup>2</sup>) na izvoru rijeke Krpe i stoga nije utvrđena statistički značajna razlika u odabiru staništa, jer očit uzorak jedinki nije dovoljno velik da bi vrijednost *p* bila statistički značajna vrijednost. Valutice predstavljaju stanište koje ima kamenje veličine od 6-20 cm, dok je šljunak predstavljen kamenjem i ima veličine od 2-6 cm. Uzrok u tako maloj zasupljenosti utvrđenih vrsta na valuticama je vjerojatno prevelika veličina pojedina nog kamenja s obzirom na malu veličinu tijela rakušaca koja je u milimetarskim veličinama. Moguće je da na takvome mikrostaništu (S2- valutice) ne nalaze prikladne uvjete za svoj život; odnosno za hranjenje, razmnožavanje i skrivanje od predatora. Dakle, sama priroda supstrata je od neupitne važnosti za život obje vrste, posebice zato što supstrat predstavlja prostor za kretanje, odmaranje, razmnožavanje ili sakupljanje hrane. Supstrat kao takav može biti organski (komadi i lišća, mrtve vodene vegetacije i uginulih životinja) i anorganski materijali (stijene, mulj, pijesak, šljunak, obluci) (Giller i Malmqvist

1998.). Mahovina pak predstavlja najheterogenije stanište, omogućava im zaklon od predacije ili pak struje vode (MacNeil i Prenter 2000), te je uz to izvor hrane, pošto zarobljuje sitne estice organskih tvari (Welton 1979). Uz to vrste roda *Gammarus* preferiraju staništa s vodenom vegetacijom u suporedbi sa šljunkom i golim pijeskom (MacNeil i Prenter 2000), što je vidljivo iz rezultata.

Još jedan uzrok velike gustoće podvrste *F. dalmatinus dalmatinus* u mahovini proistječe iz mogućnosti predatorskog utjecaja većih vrsta *G. balcanicus*, pa podvrsta *F. dalmatinus dalmatinus* u mahovini traži zaklon. Nakon mahovine ili fitala drugo stanište po brojnosti i gustoći obje vrste je šljunak ili mikrolital, a zatim sljede valutice ili mezolital. Vrsta *G. balcanicus* je po ukupnom broju nakon mahovine, najzastupljenija na šljunku (S3) kao mikrostaništu. Uzrok tome je to što su jedinke ove vrste većine nego li jedinke endemskog rakušca. Srednja maksimalna veličina vrste *G. balcanicus* prema Micherdziskij (1959) je za mužjake 13-17 mm, a za ženke 11-14 mm, a Zieleski (1995) navodi da su u Slovačkoj zabilježeni primjerci od 16 mm, u Ukrajini od 21 mm za karpatsku populaciju, pri čemu su izmjerene srednje vrijednosti veličine tijela za mužjake od 9,3-13,7 mm, a za ženke 8,2- 11,6 mm. Moguća je da zbog takvih većih srednjih vrijednosti ukupne dužine tijela na kamenom supstratu nalaze prikladnije stanište i izvore hrane. Treba napomenuti da supstrat koji se sastoji od većih estica, kao što su valutice u ovom slučaju, sadrži manji dio organske tvari pa većine jedinke koje su tu na njemu vjerojatno ne daju toliko značaj dostupnosti hrane. Populacija podvrste *F. d. dalmatinus* je gušća od populacije vrste *G. balcanicus* i dominantnije je prisutna na sva tri tipa mikrostaništa tijekom cijele godine. Kako je spomenuto da su obje svojite prisutne na izvoru rijeke Krupa na svim tipovima mikrostaništa tijekom cijele godine, mogli bismo zaključiti da dijele neke aspekte svoje biologije ili da im se niše do određene mjere preklapaju. Fišer i suradnici (2007.) su također primijetili da su dvije istraživane vrste rakušaca bile prisutne na svim postajama tijekom istraživanog razdoblja te su također dali prijedlog da je razlog tome slična ekologija dviju vrsta.

Slatkovodna vrsta *G. balcanicus* je široko rasprostranjena vrsta i ima važnu ulogu u protoku tvari u planinskim i subplaninskim potocima i rijekama te je zabilježena u svakom potoku u regiji tijekom jednog istraživanja u Poljskoj (Zieleski 1995), što ide u prilog teoriji o širokoj rasprostranjenosti ove vrste i pojavnosti u izvoru rijeke Krupa. Podvrsta *F. d. dalmatinus* je endemična vrsta dinarskog krša i kao većina endema je slabo istražena. Čurić (2009) navodi da zbog male maksimalne ukupne dužine tijela, rakušci ove vrste mogu ući duboko u busene mahovine i njezine unutrašnjosti te u njoj naći zaklon i stabilnije uvjete, te su zaštićeni od predatora ili kompeticije od strane većih vrsta kojima mahovina možda toliko zbog veličine

njihova tijela ne odgovara kao mikrostanište. Tako er uri (2009) bilježi prisutnost vrste *G. balcanicus* uz endemskog rakušca *F. d. dalmatinus* koji tako er ima ve e relativne udjele gusto e na izvorskim i gornjim dijelovima toka Zrmanje i njenih pritoka, uklju uju i i Krupu, dok se na srednjem dijelu toka njegovi udjeli smanjuju, a rastu relativni udjeli gusto e vrste *G. balcanicus*. Ova injenica ide u prilog rezultatima ovoga rada, jer tako er vrsta *G. balcanicus* na izvoru rijeke Krupe ima znatno manju gusto u od podvrste *F. d. dalmatinus*, što možda i upu uje na injenicu da vrsta *G. balcanicus* više preferira hipokrenal, dok je podvrsta *F. d. dalmatinus* više krenofilna vrsta kojoj bolje pogoduju stabilni uvjeti okoliša, a ponajprije temperatura vode. Još jedan razlog takvoj raspodjeli ovih vrsta je i injenica da je vrsta *G. balcanicus* najraširenija vrsta unutar tzv. *Gammarus balcanicus* grupe (1 od 3 grupe unutar roda *Gammarus*) (Zieli ski 1995) pa možda nije toliko specijalist za stanište ili uvjete okoliša poput endemi ne podvrste *F. d. dalmatinus*. Možemo ustvrditi da je prisutan sintopijski sinergizam izme u ove dvije vrste, jer se obje pojavljuju na svim tipovima supstrata tokom itave godine i koegzistiraju zajedno na izvoru rijeke Krupe.

Temperatura vode u umjerenome pojasu u koji spada rijeka Krupa ima sezonski hod i veliki utjecaj na životne zajednice tj. na raznolikost života u vodi. Iz priloženih grafova, vidljivo je da temperatura vode na izvoru rijeke Krupe ne pokazuje zna ajne fluktuacije, dakle temperatura vode na izvoru rijeke Krupe stabilna tijekom istraživano razdoblja (srednja vrijednost temperature za istraživano razdoblje iznosi 10,3 °C), a poznato je da temperatura vode ispod 7 °C zaustavlja razmnožavanje vrste *G. balcanicus* dok više temperature stimuliraju razmnožavanje ove vrste (Zieli ski 1995), što tako er ide u prilog ne velikoj, ali zna ajnoj prisutnosti na izvoru rijeke Krupe uz enedemsku podvrstu *F. d. dalmatinus*. Vrijednosti pH na izvoru rijeke Krupe kroz istraživano razdoblje se kre u od najniže vrijednosti 6,54 u prosincu 2011. godine do najviše vrijednosti pH u ožujku 2012. godine koja je iznosila 8,29 sa srednjom vrijednosti pH 7,6. Ve ina jezera i teku ica ima pH izme u 6,5 do 8,5 (URL5) što su zaista i optimalni uvjeti za život ve ine biljaka i životinja u vodenim sustavima. Optimalne vrijednosti pH za pripadnike nadporodice Gammaroidea su u rasponu od 7,2-7,8 (Schrimpf Foeckler, 1985). Rakovi Crustacea generalno spadaju me u organizme koji su najosjetljiviji na kiseli pH vode (Felten i Guerold, 2004.). Lokalna gusto a reda Amphipoda je esto u pozitivnoj korelaciji s pH i koncentracijama kalcijevih iona, jer moraju nadomjestiti kalcij koji gube tijekom presva enja (Glazier 2009b). Krivulja zasi enosti vode kisikom kroz istraživano razdoblje pokazuje da vrijednosti nikada ne opadaju ispod 80 % , dakle nema pove ane potrošnje kisika na izvoru rijeke Krupe. Voda je ista i bogata kisikom što je izuzetno bitno za pripadnike porodice Gammaridae koji mogu

poslužiti kao bioindikator i upravo zbog svoje osjetljivosti na razne polutante u vodenim ekosustavima. Srednja vrijednost zasićenosti kisikom na izvoru rijeke Krupe za istraživano razdoblje bila je 99,8 %, a pripadnici roda *Gammarus* preferiraju dobro aerirane površinske vode kao što je voda na izvoru rijeke Krupe. Krivulja koncentracije otopljenog kisika pokazuje da je najniža zabilježena vrijednost iznosila 9 mg/ L u srpnju 2011. godine. Umu je, moguće, uzrok povećani metabolizam organizama tokom ljetnih mjeseci zbog porasta organske produkcije uzrokovane intenzivnijom insolacijom. Najniža zabilježena temperatura bila je u siječnju 2012. godine, kada je zabilježena i najniža temperatura vode, a poznato je da se plinovi bolje otapaju pri nižim temperaturama vode (10,1 °C). Srednja vrijednost količine kisika iznosila je 11,05 mg/ L. Iz grafičkog prikaza krivulje koncentracije otopljenog kisika u vodi (mg/ L) vidljivo je da, također, nema velikih fluktuacija u promjeni koncentracije otopljenog kisika te vrijednosti nikada ne opadaju ispod 3 mg/ L što je kritično odnosno smrtonosno za većinu vodenih organizama (URL5). Može se reći da je izvor rijeke Krupe dobro aeriran i bogat kisikom, a već je spomenuto da pripadnici porodice Gammaridae preferiraju takve vode. Električna provodnost je indirektna mjera za količinu otopljenih tvari u vodi te se povećanjem primjesa električne vodljivost povećava. Prirodne vode imaju veću u provodljivost ukoliko se nalaze na podlozi od topljivih stijena kao što je vapnenac. Najniža zabilježena vrijednost za električnu provodnost iznosila je 362  $\mu\text{S}/\text{cm}$  u svibnju, a najviša vrijednost iznosila je 380  $\mu\text{S}/\text{cm}$  u listopadu 2011. godine. Vrijednosti ukazuju na to da je voda na izvoru rijeke Krupe pitka, jer vrijednosti za električnu provodnost vode za piće obično sadržavaju manje od 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (URL 5). Srednja količina  $\text{CaCO}_3$  iznosila je 190 mg/ L, dok je najniža zabilježena vrijednost izmjerena u svibnju (175 mg/ L), a najviša zabilježena vrijednost izmjerena je u prosincu 2011. godine. Na izvoru rijeke Krupe nema značajnijih varijacija fizikalno kemijskih imbenika, što ide u prilog teoriji da su izvori ekološki stabilna staništa zbog ujednaenosti temperature i ostalih fizikalno kemijskih imbenika (Williams, 1991a cit. iz Smith i Wood, 2002) pa možemo reći da je i za sada izvor rijeke Krupe ekološki stabilan okoliš.

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja zajednica rakušaca na izvoru rijeke Krupe u razdoblju od travnja 2011. do travnja 2012. godine donosimo slijedeće zaključke:

- Izvor Krupe je na temelju podataka o fizikalno-kemijskim parametrima ekološki stabilan sustav.
- U krenalu rijeke Krupe sintopijski se pojavljuju dvije svojite rakušaca *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* i *Gammarus balcanicus*.
- Vrsta *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* dominantna je vrsta na izvoru Krupe, kao i na svim istraživanim tipovima mikrostaništa.
- Na svim istraživanim tipovima mikrostaništa utvrđeno je sintopijski sinergizam zabilježenih vrsta.
- Obje utvrđene vrste preferirale su mahovinu kao mikrostanište.
- Statistički nije utvrđena značajna razlika u brojnosti jedinki svojite *Fontogammarus dalmatinus dalmatinus* na svim istraživanim tipovima mikrostaništa.

## 7. LITERATURA

Argyroudi, A., Chatzinikolaou, Y., Poitazidis, K., Lazaridou, M., (2008) Do intermittent and ephemeral Mediterranean rivers belong to the same river type? *Aquat. Ecol.* **43**: 465-476.

Barquín, J., Death, R. G., (2009) Physical and chemical differences in karst springs of Cantabria, northern Spain: do invertebrate communities correspond? *Aquat. Ecol.* **43**: 445-455.

Bonacci, O., (1999) Water circulation in karst and determination of catchment areas: example of the river Zrmanja, *Hydrological Sciences.* **44** (3): 373 – 386.

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., Sullivan, C. A., (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*

**81:** 163-182.

uri , P., (2009) Rasprostranjenost i ekologija endemske vrste *Fontogammarus dalmatinus* S. Karaman (Amphipoda, Gammaridae) u slivu Zrmanje i Krke. Magistarski rad, Prirodoslovno-matemati ki fakultet, Zagreb, str. 1-109.

Erman, N. A., (2002) Lessons from Long-term study of Springs and Spring Invertebrates (Sierra Nevada, California, U.S.A.) and Implications for Conservation and Management. Conference Proceedings, Spring-fed Wetlands: Important Scientific and Cultural Resources of the Intermountain Region, 2002, <http://www.wetlands.dri.edu>

Felten, V., Guerold, F., (2004) Haemolymph [ $\text{Na}^+$ ] and [ $\text{Cl}^-$ ] loss in *Gammarus fossarum* exposed in situ to a wide range of acidic streams. *Diseases of Aquatic Organisms*, **61**: 133-121.

Fišer, C., Keber, R., Kereži, V., Moškri , A., Palandan i , A., Petkovska, V., Poto nik, H., Sket, B., (2007) Coexistence of species of two amphipod genera: *Niphargus timavi* (Niphargidae) and *Gammarus fossarum* (Gammaridae). *Journal of Natural History*, **41** (41-44): 2641-2651.

Gerecke, R., Meisch, Stoch, F., Acri, F., Franz, H., (1998) Spring typology and eucrenon/hypocrenon-ecotone in the Bavarian Alps. U: Botosaneanu, L. (ur.), *Studies in Crenobiology*, Backhuys, Leiden, str. 167-182.

Glazier, D. S., (2009a) Springs. U: Likens, G.E. (ur.), *Encyclopedia of Inland Waters*. Oxford, Elsevier, *vol. 1*, str. 734-755.

Glazier, D. S., (2009b) Amphipoda. U: Likens, G. E. (ur.), *Encyclopedia of Inland Waters*. Oxford, Elsevier, *vol. 2*, str. 89-115.

Giller, P., S., Malmqvist, B., (1998) *The biology of Streams and Rivers*. Oxford University Press. Great Britain.

Gottstein Mato ec, S. (ur.), Bakran-Petricioli, T., Bedek, J., Bukovec, D., Buzjak, S., Frani evi , M., Jalži , B., Kerovec, M., Klete ki, E., Kralj, J., Kruži , P., Ku ini , M., Kuhta, M., Mato ec, N., Ozimec, R., Ra a, T., Štamol, V., Ternjej, I., Tvrtkovi , N. (2002) An overview of the cave and interstitial biota of Croatia. *Natura Croatica II* (Suppl. 1): 1-112.

Gottstein, S., Žganec, K., Maguire, I., Kerovec, I., Jalži , B., (2007) Viši rakovi slatkih i bo atih voda porje ja rijeke Krke. U: Marguš, D. (ur.) Zbornik radova sa simpozija Rijeka Krka i Nacionalni park „Krka“, Prirodna i kulturna baština, zaštita i održivi razvitaka. Javna ustanova „Nacionalni park Krka“, Šibenik, str. 421-431.

Jurinac, A., E., (1888) Ein Beitrag zur Kenntnis der Fauna des kroatischen Karstes und seiner unterirdischen Höhlen. – Akad. Buchdruck von F. Straub, München, 40 pp.

Jurinac, A. E., (1887) Prilog hrvatskoj fauni ogulinsko-slunjske okolice i pe ina. Rad JAZU. Zagreb, 83(8): 86-128.

Karaman, G. S., (1965) Über die Gattung *Fontogammarus* S. Karaman in Jugoslawien. *Fragmenta Balcanica Musei Macedonici Scientiarum Naturalium* 5, (13/123): 81-89.

Karaman, G., S., (1993) Fauna d'Italia: Crustacea – Amphipoda di acqua dolce. Edizioni Calderini Bologna. Italia.

Karaman, G., Pinkster, S., (1987) Freshwater *Gammarus* species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea-Amphipoda). Part.III. *Gammarus balcanicus* - group and related species. *Bijdragen tot de Dierkunde* 57, (2): 207-260.

MacNeil, C., Prenter, J., (2000) Differential microdistributions and interspecific interactions in coexisting native and introduced *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda). *J. Zool.* **251**: 377-384.

Matoni kin, I., Pavleti Z., (1964) Faktori razvoja biocenoza u slatkovodnom dijelu rijeke Zrmanje i njena pritoka Krue. Krš Jugoslavije **4**: 47-63. JAZU. Zagreb.



Michedrski, W., (1959) Kielže rodzaju Gammarus Fabricius (Amphipoda) w wodach Polski. *Acta zool. cracov.*, 4(10): 527-637.

Mihaljević, Z., Kerovec, M., Mrakovčić, M., Plenković, A., Alegro, A., Primc-Habdića, B., (2011) Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama 2000/60/EC) u reprezentativnim sliovima Panonske i Dinarske ekoregije, Studija, Knjiga 1, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek, Zagreb, str. 1-351.

Pljakić, M. A., (1965) Ein Differentiationsbespiel der Populationen in subterrestrischen Standorten (*Niphargus stygius*). *Glasnik prirodnja i muzeja* 20: 139-145.

Ruffo, S., Vigna Taglianti, A., (1968) Alcuni *Niphargus* delle acque Sotterane dell'Italia meridionale e considerazioni sulla sistematica del gruppo. *Ricerche sulla fauna Appenninica* 16: 1-29.

Schrimpf, E., Foeckler, F., (1985) Gammarids in streams of northeastern Bavaria, F. R. G. I. Prediction of their general occurrence by selected hydrochemical variables. *Arch. Hydrobiol.* 103 (4): 479-495.

Šket, B. (2003) Cave fauna: the particular case of Vjetrenica. In: Lučić, I., editor. Vjetrenica: pogled u dušu Zemlje [Vjetrenica: a glimpse into the soul of the Earth]. Zagreb: Artresor. P. 147-248.

Smith, H., Wood, P.J., Gunn, J. (2003) The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems. *Hydrobiologia* 510: 53-66.

Smith, H., J. Gunn, Wood, P. J., (2001) The macroinvertebrate communities of limestone spring of the Wye Valley Derbyshire. *Cave and Karst Sci.* 28: 67-78.

Škunca, O. (2006) Izvješće o stanju okoliša i Program zaštite okoliša Zadarske županije. Oikon d.o.o., Institut za primijenjenu ekologiju, str. 1-269.

Van der Kamp, G., (1995) The hydrogeology of springs in relation to biodiversity of spring fauna: a review. *J Kans Entomol Soc* **68**:4-17

Väinölä, R., Witt, J.D.S., Grabowski, M., Bradbury, J.H., Jazdzewski, K., Sket, B., (2008) Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. Freshwater animal diversity assessment. *Hydrobiologia* **595**: 241-255.

Welton J. S., (1979) Life-history and production of the amphipod *Gammarus pulex* in Dorset chalk stream. *Freshwater Biology*. **9**: 263-275.

Zieliński D., (1995) Life history of *Gammarus balcanicus* Schäferna, 1922 from the Bieszczady mountains (Eastern Carpathians, Poland). Dept. Of Invertebrate Zoology and Hydrobiology, University of Łódź, 12/ 16 Banacha st. 90-237.

Žganec, K., Uri P., Gottstein S., (2013) Population and distribution changes of two coexisting amphipods after the closure of a new large dam. Department of Zoology, Division of Biology, University of Zagreb, Croatia. *Limnologia* **43**: 460-468

Žganec K., Uri P., Gottstein S., (2011) Life History Traits of the Endangered Endemic Amphipod *Echinogammarus cari* (Crustacea, Gammaridae) from the Dinaric Karst. Department of Biology, University of Zagreb, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Croatia. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 96, (6): 686–708.

Žganec, K., Gottstein S., (2009) The river before damming: distribution and ecological notes on the endemic species *Echinogammarus cari* (Amphipoda: Gammaridae) in the Dobra River and its tributaries, Croatia. *Aquatic Ecology* **43**: 105-115.

URL1: [http://www.pmcg.co.me/Partners\\_of\\_Museum/Karaman%20Gordan.html](http://www.pmcg.co.me/Partners_of_Museum/Karaman%20Gordan.html) (9.8.2014.)

URL2: <http://www.geografija.hr/clanci/1011/rasirenost-krsa-u-hrvatskoj> (8.8.2014.)

URL3: [http://www.crorivers.com/popis-rijeka\\_zrmanja-opcenito.php](http://www.crorivers.com/popis-rijeka_zrmanja-opcenito.php) (10.8.2014.)

URL4: <http://www.gfmo.ba/6.%20krs.pdf> (10.8.2014.)

URL5: <http://public.carnet.hr/globe/prirucnik/voda.PDF> (1.9.2014.)